

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP00/9998



EJU
091857964

REC'D	30 OCT 2000
WIPO	PCT

Bescheinigung

PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Die Philips Corporate Intellectual Property GmbH in Hamburg/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Netzwerk zur Rekonfigurierung nach einer schrittweisen Reparatur von Defekten"

am 14. Oktober 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole H 04 L und G 06 F der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 25. Februar 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 199 49 642.0

PHD 99-147

ZUSAMMENFASSUNG

Netzwerk zur Rekonfigurierung nach einer schrittweisen Reparatur von Defekten

Die Erfindung bezieht sich auf ein nach einem Paketvermittlungsverfahren arbeitendes Netzwerk zur Übertragung von Paketen mit mehreren über wenigstens zwei gegenläufige Ringe gekoppelten Netzknoten, die jeweils in Statustabellen Einträge über den Ort eines Defektes und geschaltete Schleifen von einem zu einem anderen Ring in einem Netzknoten enthalten. Ein Netzknoten ist nach der Detektion eines behobenen Defekts zur Änderung eines Eintrags in seiner Statustabelle und zur Aussendung einer Reparaturmeldung erster Art über den Ort des behobenen Defekts an alle erreichbaren Netzknoten vorgesehen.

Fig. 3

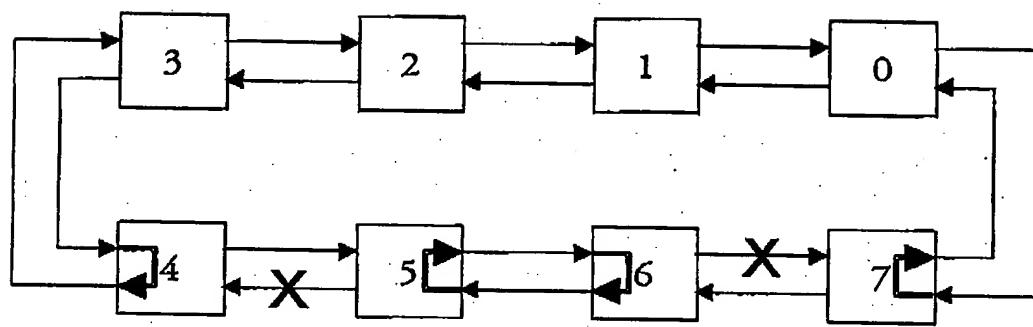


FIG. 3

PHD 99-147

BESCHREIBUNG**Netzwerk zur Rekonfigurierung nach einer schrittweisen Reparatur von Defekten**

Die Erfindung bezieht sich auf ein nach einem Paketvermittlungsverfahren arbeitendes Netzwerk zur Übertragung von Paketen mit mehreren über wenigstens zwei gegenläufige Ringe gekoppelten Netzknopen, die jeweils in Statustabellen Einträge über den Ort eines Defektes und geschaltete Schleifen von einem zu einem anderen Ring in einem Netzknopen enthalten.

Ein solches Netzwerk, welches nach einem Paketvermittlungsverfahren arbeitet, ist aus der EP 0 871 344 A2 bekannt. Hierbei wird der asynchrone Transfermodus (ATM) als spezielles Paketvermittlungssystem angewendet. Dieses Netzwerk enthält mehrere Ringsysteme mit mehreren Netzknopen, die in einem Ringsystem über einen zwei gegenläufige Ringe miteinander gekoppelt sind. Die Netzknopen weisen Stationsanschlüsse auf, über die sie entweder mit einer Station oder mit einem andern Netzwerk gekoppelt sind. Bei einem Knotenausfall oder Leitungsbruch informiert der diesen Defekt detektierende Netzknopen ein Netzwerkmanagementsystem über den Ort des Leitungsbruchs. Ein Netzknopen stellt hierbei dann einen Knotenausfall oder Leitungsbruch fest, wenn dieser über eine Leitung eines Rings keine Pakete mehr von einem benachbarten Netzknopen erhält. Beim asynchronen Transfermodus werden Pakete fester Länge verwendet, die als Zellen bezeichnet werden. Der Rekonfigurierungsmechanismus steuert die Rekonfigurierung des Netzwerkes, indem der detektierende Netzknopen an alle Netzknopen über beide Ringe Schleifenmeldungen sendet, die eindeutig die defekte Sendeleitung und den betroffenen Ringknopen identifizieren. Alle Netzknopen, welche die Schleifenmeldungen erreichen, tragen in ihren lokalen Tabellen die den betroffenen Ringknopen und die betroffene Sendeleitung identifizierenden Daten ein. Nach jedem Tabelleneintrag werten alle Ringknopen ihre lokalen Tabellen aus. Der betroffene Ringknopen, der diese Statusmeldungen ebenfalls enthält und auswertet, schaltet dann eine Schleife, so dass Pakete nicht mehr zu der defekten Leitung sondern zum anderen Ring geleitet werden. Der beschriebene Algorithmus ist neben Simplexkabelbrüchen (nur Kabel desselben Rings brechen, der andere Ring bleibt intakt) auch in der Lage, den Fall eines Duplexkabelbruchs

so zu behandeln, dass bei einem Duplexkabelbruch immer noch alle Knoten erreichbar sind. Weiterhin können die Fälle eines isolierten Knotens, der z.B. auftritt, wenn ein ganzer Knoten ausfällt, und einer isolierten Gruppe von Knoten so behandelt werden, dass die übrigen Knoten (im Falle des isolierten Knotens) bzw. die Knoten der isolierten

5 Gruppe untereinander und die übrigen Knoten untereinander (im Falle der Gruppe isolierter Knoten) noch kommunizieren können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Netzwerk zu schaffen, bei welchen nach einer Behebung von Defekten dem Netzwerk Maßnahmen zur Rückkehr in einen
10 normalen Zustand zur Verfügung zu stellen.

Die Aufgabe wird durch ein Netzwerk der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass ein Netzknoten nach der Detektion eines behobenen Defekts zur Änderung eines Eintrags in seiner Statustabelle und zur Aussendung einer Reparaturmeldung erster Art
15 über den Ort des behobenen Defekts an alle erreichbaren Netzketen vorgesehen ist.

Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, dass ein die Behebung eines Leitungsbruches oder Knotenausfalls detektierender Netzketen alle erreichbaren Netzketen über diese Reparatur mittels einer Reparaturmeldung erster Art informiert, so dass diese das Wissen
20 haben, dass beispielsweise mit einem bestimmten Teilnehmer wieder eine Verbindung aufgebaut werden kann. Ein Netzketen kann nicht genau bestimmen, ob die Reparatur eines Leitungsbruches oder eines defekten Knotens vorliegt. Es kann beispielsweise nur über die wieder mögliche Synchronisation oder dadurch, dass spezielle Überwachungspakete vom Nachbarknoten wieder empfangen werden, festgestellt werden, dass die
25 Empfangsleitung des detektierenden Knotens wieder intakt ist bzw. der Nachbarknoten wieder in der Lage ist, Pakete zu senden. Der die Behebung eines Defekts detektierende Netzketen sendet daraufhin eine Reparaturmeldung erster Art, die eine Information über einen reparierten Fehler auf einer Sendeleitung des benachbarten Knotens enthält, zu allen anderen erreichbaren Netzketen.

30 Ein Netzketen, welcher die Reparaturmeldung erster Art erhält, ersetzt den entsprechenden Eintrag, der die gebrochene Leitung bzw. die resultierende Schleife

identifiziert, durch einen Eintrag, der die Reparatur dieser Leitung bzw. die Aufhebung der Schleife ausdrückt (Patentanspruch 2). Durch die Auswertung der so aktualisierten Status-tabelle stellt der Netzknoten fest, wo der Ort des behobenen Defektes liegt und ob eine Aktion durchzuführen ist. Eine solche Aktion kann das Aufheben einer geschalteten 5 Schleife und das nachfolgende Versenden einer Reparaturmeldung zweiter Art sein. Eine solche Aktion kann auch das erneute Versenden von schon vorher selbst erzeugten und versendeten Reparaturmeldungen erster Art sein.

Um einem Netzknoten die Identifikation des Ortes der Fehlerbehebung zu ermöglichen, 10 sendet der die Behebung eines Defekts detektierende Netzknoten eine Reparaturmeldung erster Art aus, die Angaben über den Netzknoten, der eine wieder Pakete liefernde Sendeleitung aufweist, und über den Ring, zu welchem die wieder Pakete liefernde Sendeleitung gehört. Der eine Fehlerbehebung detektierende Netzknoten stellt dabei fest, von welcher Empfangsleitung er wieder Pakete erhält.

15 Patentanspruch 3 gibt an, unter welchen Bedingungen ein Netzknoten zur Aufhebung einer Schleife im Netzknoten von einem Ring zu einem anderen Ring vorgesehen ist. Anspruch 4 beschreibt, wann ein Netzknoten einer isolierten Knotengruppe oder eines isolierten Knotens eine schon einmal gesendeten Reparaturmeldung erster Art nochmals 20 aussendet. Anspruch 5 erläutert, wann eine Reparaturmeldung gelöscht wird.

Die Erfindung bezieht sich auch auf einen Netzknoten in einem nach einem Paketvermittlungsverfahren arbeitenden Netzwerk.

25 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein lokales Netzwerk
Fig. 2 eine in dem lokalen Netzwerk nach Fig. 1 verwendbare Netzwerkschnittstelle und
30 Fig. 3 bis 15 Ringsysteme eines lokalen Netzwerkes nach der Reparatur von einem oder mehreren Leitungsbrüchen.

In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel eines lokalen Netzwerks mit vier Ringsystemen 1 bis 4 dargestellt, die jeweils zwei Ringe enthalten. Ein Ring stellt einen geschlossenen Signalweg über mehrere Netznoten dar. Die Ringsysteme 1 bis 4 bilden jeweils zwei gegenläufige Ringe, d.h. die Signale laufen auf den Ringen jeweils in entgegengesetzter Richtung. Ein 5 Netznoten, der in den Ringsystemen 1 bis 4 jeweils als Rechteck dargestellt ist, umfasst eine Netzwerkschnittstelle mit vier Ringanschlüssen und zwei Stationsanschlüssen.

An die Stationsanschlüsse ist entweder eine Station oder eine Netzwerkschnittstelle eines anderen Ringsystems angeschlossen. Beispielsweise sind in der Fig. 1 für das Ringsystem 2 10 insgesamt fünf Netzwerkschnittstellen mit Stationen und vier Netzwerkschnittstellen mit Netzwerkschnittstellen der Ringsysteme 1 und 3 verbunden. Eine Station kann beispielsweise ein Fernsprecher, ein Bildfern sprecher, ein Personal-Computer oder eine Workstation sein. Die Nachrichten bzw. Informationen, die von den Stationen bzw. den Netzwerkschnittstellen stammen, werden nach dem asynchronen Transfermodus (ATM) mittels 15 Zellen übertragen. Eine Zelle enthält ein Kopffeld mit 5 Byte und ein Informationsfeld mit 48 Byte. Die im Kopffeld der Zelle enthaltenen Informationen dienen insbesondere zur Adressierung und zur Durchführung von Vermittlungsfunktionen.

Eine Netzwerkschnittstelle 5 mit vier Ringanschlüssen ist in der Fig. 2 detaillierter dargestellt. Die Netzwerkschnittstelle 5 enthält eine Koppelvorrichtung 6 und eine Steueranordnung 8. Die Koppelvorrichtung 6, die ein Koppelfeld 7 enthält, ist über Anpassungsschaltungen 9 bis 14 mit Ring- und Stationsanschlüssen gekoppelt und hat die Funktion, den Zellenstrom weiter zu vermitteln. Die Anpassungsschaltungen 9 bis 14 können beispielsweise Umsetzeranordnungen enthalten, um die Zellen in übergeordnete Transportrahmen 25 (z.B. in Transportrahmen der synchronen digitalen Hierarchie (SDH)) einzufügen oder Pufferspeicher zur Taktanpassung, wenn die Zellen ohne Einfügung in einen übergeordneten Transportrahmen weitergeleitet werden.

Die Anpassungsschaltung 9 ist einerseits mit einem Empfangs-Ringanschluss 15 eines 30 ersten Ringes und andererseits mit einem Anschluss 16, der zur Koppelvorrichtung 6 führt, gekoppelt. Die Anpassungsschaltung 10 ist über einen Anschluss 17 mit der Koppelvorrichtung 6 gekoppelt und liefert einen Zellenstrom an einen Sende-Ringanschluss 18 des

ersten Ringes. Einen Zellenstrom von einem Empfangs-Ringanschluss 19 eines zweiten Ringes erhält die Anpassungsschaltung 11, die einen Zellenstrom über einen Anschluss 20 zur Koppelvorrichtung 6 liefert. Von einem Anschluss 21 der Koppelvorrichtung 6 empfängt die Anpassungsschaltung 12 Zellen, die an einen Sende-Ringanschluss 22 des zweiten Ringes weitergeleitet werden.

Ein Stationsanschluss 23 ist über die Anpassungsschaltung 13 und ein Stationsanschluss 24 ist über die Anpassungsschaltung 14 mit der Netzwerkschnittstelle 5 gekoppelt. Die Anpassungsschaltung 13, die einen Zellenstrom von der Koppelvorrichtung 6 erhält, ist über einen Anschluss 25 mit der Koppelvorrichtung 6 gekoppelt. Die Anpassungsschaltung 14, die ein Zellenstrom von einer Netzwerkschnittstelle eines anderen Ringsystems oder einer Station geliefert wird, ist über den Stationsanschluss 24 mit einer Station oder einer Netzwerkschnittstelle eines anderen Ringsystems und über einen Anschluss 26 mit der Koppelvorrichtung 6 gekoppelt. Falls keine Umsetzung der Zellen oder eine Taktanpassung erforderlich ist, sind die Anpassungsschaltungen 9 bis 14 nicht erforderlich.

Die Steueranordnung 8 ist zur Steuerung der Koppelvorrichtung 6 und für weitere Steuerungsfunktionen (z.B. Verbindungsaufbau und -abbau) vorgesehen. Die Steueranordnung 8, die als Mikroprozessor realisiert sein kann, erhält und erzeugt für diese Aufgaben auch Zellen.

Außer dem Koppelfeld 7 enthält die Koppelvorrichtung 6 drei Wegespeicheranordnungen 27, 28 und 29 und drei Empfangsschaltungen 30, 31 und 32. In den Empfangsschaltungen 30, 31 und 32 werden jeweils die Kopffelder von über Anschlässen 16, 20 und 26 ankommenden Zellen ausgewertet.

Im Kopffeld enthaltene Adresseninformationen werden zur Ansteuerung verschiedener Tabellen für die mit den Empfangsschaltungen 30, 31 und 32 verbundenen Wegespeicheranordnungen 27, 28 und 29 verwendet. Die in den Tabellen abgelegten Daten werden jeweils von den Empfangsschaltungen 30, 31 und 32 verwendet, um die weitere Verarbeitung und Weiterleitung der Zelle zu organisieren. Beispielsweise kann die Empfangsschaltung 30 die Zelle kopieren und mit neuen Adresseninformationen versehen. Die

Originalzelle wird z.B. über das Koppelfeld 7 an den Stationsanschluss 23 und die kopierte Zelle über das Koppelfeld 7 an die Anpassungsschaltung 10 gegeben. Es besteht noch die Möglichkeit, dass das Koppelfeld 7 diese Kopierfunktion durchführt.

- 5 Die Empfangsschaltung 30 ist über den Anschluss 16 mit dem Pufferspeicher 9 gekoppelt und leitet empfangene Zellen zum Koppelfeld 7 weiter. Die Wegespeicheranordnung 27 ist mit der Empfangsschaltung 30 verbunden. Die Empfangsschaltung 31 ist mit der Wegespeicheranordnung 28 verbunden, erhält Zellen von dem Pufferspeicher 11 und gibt Zellen an das Koppelfeld 7 weiter. Zwischen dem Koppelfeld 7 und dem Anschluss 26 ist
- 10 die Empfangsschaltung 32 angeordnet, die mit der Wegespeicheranordnung 29 verbunden ist.

Über die Ringanschlüsse 15 und 18 des ersten Ringes und über die Ringanschlüsse 19 und 22 werden zwei Arten von Nutzzellen übertragen. Einerseits Anwenderzellen (oder allgemein als Anwenderpakete bezeichnet), die in ihrem Informationsfeld z. B. Nachrichten oder Daten des Benutzers einer zuvor aufgebauten Verbindung enthalten und andererseits Kontrollzellen (oder allgemein als Kontrollpakete bezeichnet), die in ihrem Informationsfeld Steuerungsinformationen enthalten.

- 15
- 20 Im folgenden werden die Ringanschlüsse 15 und 19 auch als dem Netzknoten zugeordnete Empfangsleitungen und die Ringanschlüsse 18 und 22 als dem Netzknoten zugeordnete Sendeleitungen bezeichnet.
- 25 Bestimmte Bits im Kopffeld einer Zelle sind für den VCI (virtual channel identifier) reserviert. Diese Angabe enthält nach Normungsvorschlägen eine indirekte Adressierung für den Bestimmungsort einer Zelle und gibt damit eine virtuelle Verbindung an. Des weiteren sind bestimmte Bits im Kopffeld der Zelle für den VPI (virtual path identifier) reserviert, der ein Bündel mehrerer virtueller Verbindungen angibt.
- 30 Bestimmte Bits des VCI und des VPI werden bei diesem Ausführungsbeispiel für andere Informationen als bei den Normungsvorschlägen vorgesehen. Der VPI enthält Informationen über die Adresse (Adresseninformationen) bzw. den Bestimmungsort (Netzknoten)

14.10.99
-7-

PHD 99-147

einer Zelle in einem Ringsystem. Der VCI wird für die Angabe über die anwenderbezogene Kennung für eine Verbindung, die Art der Verbindung und die Zellenart verwendet. Außerdem wird der VCI als Adresse für ein Ringsystem benutzt.

- 5 Die Steueranordnung 8 der Netzwerkschnittstelle 5 steuert den Verbindungsaufbau einer zugeordneten Station mit anderen Stationen. Die entsprechenden Steuerungsvorgänge für den Aufbau und Abbau von Verbindungen kann beispielsweise der europäischen Patentanmeldung EP 0 641 105 A2 entnommen werden.
- 10 Die Wegespeicheranordnungen 27 bis 29 der Koppelvorrichtung 6 enthalten Informationen die von den zugeordneten Empfangsschaltungen 30 bis 32 ausgewertet werden, um die weitere Verarbeitung und Weiterleitung der empfangenen Zelle zu organisieren. Beispielsweise kann eine Zelle mit einer anderen Adresse versehen werden, kopiert oder gelöscht werden. Die Wegespeicheranordnungen 27 bis 29 können von der Steueranordnung 8 beispielsweise im Fehlerfall (z.B. Kabelbruch bzw. Leitungsbruch) verändert werden.

Bei einer Verbindung (im Fall eines ATM-Netzwerks) zwischen einem Netzknoten eines ersten Ringsystems und einem Netzknoten eines zweiten Ringsystems müssen bei einem 20 Übertritt einer Zelle von einem Ringsystem in ein anderes Veränderungen des VPI und des VCI durchgeführt werden. Hierzu sind vor dem Verbindungsaufbau entsprechende Einträge in den Wegespeicheranordnungen vorgenommen worden.

Wenn ein Fehler im lokalen Netzwerk auftritt, werden von dem einen Fehler detektierenden Netzknoten verschiedene Maßnahmen durchgeführt. Beispielsweise kann ein 25 Ringanschluss oder ein Stationsanschluss unterbrochen werden oder ein Netzknoten ausfallen (Knotenausfall). Von der Steueranordnung 8 einer Netzwerkschnittstelle bzw. eines Netzknotens wird ein solcher Fehler z.B. nach Aussenden von Kontrollzellen eines benachbarten Knotens, die nicht empfangen werden, oder durch einen Synchronisationsverlust detektiert. In der EP 0 871 344 A2 ist beschrieben wie die einzelnen Fehlerfälle

- 30 - Simplexkabelbruch (nur Kabel desselben Rings brechen, der andere Ring bleibt intakt)
- Duplexkabelbruch,

- isolierter Knoten und
- isolierte Gruppe von Knoten

durch geeignete Schleifenschaltungen behandelt werden.

5 Zur genauen Klassifizierung werden Definitionen aus der EP 0 871 344 A2 verwendet. Die in der EP 0 871 344 A2 eingeführte zyklische Knotennummerierung bezeichnet ein Anwachsen von zyklischen Knotennummern entlang des inneren Ringes. Der Knoten mit der kleinsten absoluten Adresse erhält die zyklische Knotennummer 0. Absolute Adressen sind in den folgenden Fig. nicht gezeigt, sondern nur zyklische Knotennummern.

10

Fig. 3 zeigt eine isolierte Knotengruppe vom Typ A bestehend aus den Knoten 5 und 6, die dadurch gekennzeichnet ist, dass jeweils ein Kabel auf dem inneren Ring und ein Kabel auf dem äußeren Ring gebrochen ist, ohne dass es sich um einen Duplexkabelbruch handelt.

15

Fig. 4 und 5 zeigen eine isolierte Knotengruppe vom Typ B bestehend aus den Knoten 5 und 6, die dadurch gekennzeichnet ist, dass das Duplexkabel zwischen Knoten 4 und 5 (Fig. 4) bzw. das Duplexkabel zwischen Knoten 6 und 7 (Fig. 5) gebrochen ist und ein weiterer Simplexkabelbruch auf dem inneren Ring zwischen Knoten 6 und 7 vorliegt (Fig. 4) bzw. ein weiterer Simplexkabelbruch auf dem äußeren Ring zwischen Knoten 4 und 5 vorliegt (Fig. 5).

20

Fig. 6 zeigt den Fall zweier Duplexkabelbrüche zwischen Knoten 4 und 5 sowie zwischen Knoten 6 und 7. In diesem Fall liegen zwei isolierte Knotengruppen vom Typ C vor, die eine bestehend aus Knoten 5 und 6 und die andere bestehend aus Knoten 7, 0, 1, 2, 3 und 4.

25

Entsprechende Definitionen gelten für einen isolierten Knoten vom Typ A, B oder C.

30 Durch die geschalteten Schleifen in den Fig. 3 bis 6 nach der in der EP 0 871 344 A2 beschriebenen Methode entstehen jeweils zwei geschlossene Subringe. Der eine Subring besteht aus den Knoten 5 und 6 und der andere aus den Knoten 7, 0, 1, 2, 3 und 4.

Der Knoten 5 heißt innerer Endknoten (weil er eine Schleife vom inneren zum äußeren Ring geschaltet hat) und Knoten 6 heißt äußerer Endknoten des geschlossenen Subrings (weil er eine Schleife vom äußeren zum inneren Ring geschaltet hat) bestehend aus Knoten 5 und 6. Der Knoten 4 heißt innerer Endknoten, Knoten 7 äußerer Endknoten des geschlossenen Subrings bestehend aus Knoten 7, 0, 1, 2, 3 und 4.

Im folgenden ist dargelegt, wie ausgehend von jedem Fehlerfall nach einer schrittweisen Reparatur der Kabel oder ausgefallenen Knoten das Ringsystem wieder in einen fehlerfreien Zustand ohne Schleifenschaltungen übergeht. Dabei werden die komplizierteren 10 Fehlerfälle (isolierter Knoten, isolierte Knotengruppe) auf die einfachen (Simplexkabelbruch, Duplexkabelbruch) zurückgeführt. Grundsätzlich ist es möglich, dass z.B. im Falle eines Duplexkabelbruchs beide Kabel gleichzeitig repariert werden. Dennoch werden die bei der Reparatur durch den erfindungsgemäßen Algorithmus erzeugten Meldungen 15 nacheinander erzeugt, so dass die schrittweise Betrachtung notwendig und auch möglich ist.

Die Reparatur eines ausgefallenen Knotens ist vom Standpunkt des erfindungsgemäßen Mechanismus gleichbedeutend mit der Reparatur der gebrochenen Kabel eines isolierten Knotens vom Typ A. Der Mechanismus wird hier mit R2N-Rekonfiguration 20 (R2N = Return-to-Normal Operation) bezeichnet. Dagegen wird die in EP 0 871 344 A2 beschriebene Rekonfiguration nach Kabelbruch hier mit SH-Rekonfigurierung (SH=Self-Healing) bezeichnet.

Das Aufheben von Schleifenschaltungen und die entsprechende Änderung der einzelnen 25 Tabelleneinträge durch Broadcast- oder Verteil-Meldungen bei schrittweisem Beheben einzelner Kabelbrüche wird durch die folgenden 7 Regeln gesteuert, die bei der Tabellenauswertung verwendet werden müssen:

Regel 1:

30 Immer wenn ein Knoten x detektiert, dass seine ursprünglich defekte Empfangsleitung des inneren Ringes wieder intakt ist, erzeugt er eine Reparaturmeldung erster Art der Form $([x-1]_{mod_R}, 2, 0)$, ersetzt den Tabelleneintrag $([x-1]_{mod_R}, 1, 0)$ durch diesen neuen Eintrag

und sendet über beide Ringe diese Reparaturmeldung erster Art. Immer wenn ein Knoten x detektiert, dass seine ursprünglich defekte Empfangsleitung des äußeren Ringes wieder intakt ist, erzeugt er eine Reparaturmeldung erster Art der Form $([x+1]_{mod R}, 0, 2)$, ersetzt den Tabelleneintrag $([x+1]_{mod R}, 0, 1)$ durch diesen neuen Eintrag und versendet auf beide 5 Ringe diese Reparaturmeldung erster Art. Dabei bedeutet $[y]_{mod R}$ den ganzzahligen Rest nach Division von y durch R , wobei R die Anzahl der Ringknoten bedeutet.

Im folgenden wird eine Schleifen- oder Reparaturmeldung in der Form (x, y, z) oder $(x \ y \ z)$ oder $x \ y \ z$ geschrieben

10

Regel 2:

Ein Knoten y ($y \in 0, 1, \dots, R - 1$), der die Reparaturmeldung erster Art $(y, 2, 0)$ bzw. $(y, 0, 2)$ empfängt, ersetzt die entsprechenden Einträge $(y, 1, 0)$ bzw. $(y, 0, 1)$ in der Tabelle durch die Reparaturmeldungen erster Art und wertet die so veränderte Tabelle aus. Unter 15 den nachfolgenden Bedingungen a) bis i) hebt der Knoten y seine Schleife, die Pakete bzw. Zellen auf den äußeren Ring umleitet, bzw. die Pakete oder Zellen auf den inneren Ring umleiter auf und entfernt die Reparaturmeldungen erster Art $(y, 2, 0)$ bzw. $(y, 0, 2)$ aus der Tabelle. Im Anschluss verschickt der Knoten y die Reparaturmeldungen zweiter Art $(y, 3, 0)$ bzw. $(y, 0, 3)$:

20

- a) Die Tabelle enthält nur eine einzige Reparaturmeldung (d.h. es lag ursprünglich ein einzelner Simplexleitungsdefekt vor).
- b) Die Tabelle enthält mehrere Schleifenummeldungen und Reparaturmeldungen erster Art oder Reparaturmeldungen erster Art, jedoch beziehen sich alle Einträge auf 25 genau einen der beiden Ringe, wie z.B. in

4 1 0

6 1 0

30

7 2 0

Findet Knoten 7 diese Einträge bei der Tabellenauswertung vor, entfernt er den

14.10.99
-11-

PHD 99-147

Eintrag (7 2 0) und sendet an alle Ringknoten die Reparaturmeldung zweiter Art (7 3 0).

5 c) Die Tabelle enthält genau einen Eintrag vom Typ Schleifenumeldung und genau einen Eintrag vom Typ Reparaturmeldung erster Art ($[y - 1]_{mod R}, 1, 0$), ($y, 0, 2$) oder ($[y - 1]_{mod R}, 2, 0$), ($y, 0, 1$)), wobei einer der Einträge sich auf den inneren und der andere sich auf den äußeren Ring bezieht wie z.B. in

10 4 1 0
5 0 2

15 Solche Einträge ergeben sich genau dann, wenn ein Kabel eines (allein) gebrochenen Duplexringkabels repariert wurde und der derektierende Knoten 4 die Reparaturmeldung (5 0 2) an alle Knoten geschickt hat. Zu beachten ist, dass im Falle einer isolierten Gruppe von Knoten oder eines isolierten Knotens die Tabelle nach Empfang aller Schleifenumeldungen (erster und zweiter Art) immer vier Tabelleninträge in allen Knoten vorliegen, von denen sich zwei auf den inneren und zwei auf den äußeren Ring beziehen. Daher ist eine Tabelle mit den Einträgen

20 7 0 1
5 1 0

25 nur kurzzeitig möglich, solange noch nicht alle Schleifenumeldungen, die im Falle der isolierten Knotengruppe 5, 4, 3, 2, 1, 0, ..., 7 bei der SH-Rekonfiguration verschickt werden, die Knoten erreicht haben.

30 d) Die Tabelle enthält zwei sich auf denselben Ring beziehende Schleifenumeldungen und zwei Reparaturmeldungen erster Art, die sich auf den anderen Ring beziehen, wie z.B.

7 0 2
6 1 0

5 0 2

4 1 0

5 Diese Situation entsteht, wenn im Falle eines isolierten Knotens oder einer isolierten Knotengruppe Kabel repariert werden.

e) Die Tabelle enthält jeweils eine Schleifenumeldung und eine Reparaturmeldung erster Art sowohl auf dem inneren Ring als auch auf dem äußeren Ring wie z.B. in

10 7 0 2

6 2 0

5 0 1

4 1 0

15 f) Die Tabelle enthält zwei Reparaturmeldungen erster Art, die sich auf einen der Ringe beziehen und je eine Reparaturmeldung erster Art und eine Schleifenumeldung, die sich auf den anderen Ring beziehen, wie z.B. in

7 0 2

20 6 2 0

5 0 2

4 1 0

25 g) Die Tabelle enthält zwei Schleifenumeldungen, je eine für jeden Ring, und eine Reparaturmeldung, die sich auf einen der Ringe bezieht, wie z.B. in

7 0 1

6 1 0

5 0 2

30

h) Die Tabelle enthält zwei Reparaturmeldungen erster Art, die sich auf denselben Ring beziehen und eine Schleifenumeldung, die sich auf den anderen Ring bezieht,

wie z.B. in

7 0 2

6 1 0

5 0 2

i) Die Tabelle enthält zwei Schleifenummeldungen, die sich auf denselben Ring beziehen und eine Reparaturmeldung erster Art, die sich auf den anderen Ring bezieht, wie z.B. in

10

6 1 0

5 0 2

4 1 0

15 Bemerkung 1:

Es sei hier bemerkt, dass dagegen eine einzelne Reparaturmeldung erster Art keine Aufhebung der Schleifenschaltung bewirkt, wenn die Tabelle zwei sich auf denselben Ring beziehende Schleifenummeldungen und je eine Schleifenummeldung und eine Reparaturmeldung erster Art, die sich auf den anderen Ring beziehen enthält, wie z.B. in

20

7 0 1

6 1 0

5 0 1

4 2 0

25

Bei so gearteten Tabelleneinträgen würde Knoten 4 die Schleifenschaltung nicht aufheben. Knoten 5, 6 oder 7 würden infolge einer Reparaturmeldung zweiter Art (4 3 0) jedoch den Eintrag (4 2 0) entfernen, ohne dass die SH-Rekonfiguration wieder aktiv würde.

30 Regel 3:

Die Regel 3 bezieht sich auf das erneute Überprüfen der Empfangskabel und ggf. erneute Versenden von schon früher detektierten Reparaturmeldungen. Ein Netzknoten, der eine

Reparaturmeldung erster Art empfängt, und dessen zyklische Knotennummer in der Statustabelle erscheint, überprüft erneut seine Empfangskabel, wenn zusätzlich der besagte Netzknoten gemäß seiner Tabelleneinträge nicht mehr Endknoten einer isolierten Knotengruppe oder eines geschlossenen Subrings ist (relevant für isolierten Knoten bzw. isolierte

5 Knotengruppe Typ A und Typ B) und sendet eine entsprechende Reparaturmeldung erster Art, wenn das Empfangskabel intakt ist, aber der entsprechende Tabelleneintrag einen Defekt aufweist oder wenn der entsprechende Tabelleneintrag eine Reparaturmeldung erster Art darstellt (erneutes Versenden der Reparaturmeldung erster Art).

10 Regel 4:

Die Regel 4 bezieht sich auf das Entfernen von Reparaturmeldungen erster Art aus der Tabelle. Empfängt der Knoten x die Reparaturmeldung zweiter Art $(y, 3, 0)$ bzw. $(y, 0, 3)$, so entfernt er die entsprechende Reparaturmeldung $(y, 2, 0)$ bzw. $(y, 0, 2)$ aus seiner Tabelle. Dabei ist es unmöglich, dass x und y übereinstimmen, da das Versenden einer

15 Nachricht an alle Knoten bedeutet, dass der sendende Knoten die von ihm ausgesendete Nachricht ohne weitere Auswirkung löscht, wenn er sie nach einer Ringpassage wieder empfängt. Der Netzknoten, der die Reparaturmeldung zweiter Art $(y, 3, 0)$ bzw. $(y, 0, 3)$ aussendet, entfernt den Eintrag $(y, 2, 0)$ bzw. $(y, 0, 2)$ unmittelbar nach dem Absetzen der Reparaturmeldung zweiter Art. Ein Knoten, der die Reparaturmeldung zweiter Art

20 $(y, 3, 0)$ bzw. $(y, 0, 3)$ empfängt, aber keine entsprechende Reparaturmeldung erster Art $(y, 2, 0)$ bzw. $(y, 0, 2)$ in seiner Tabelle enthält, ignoriert die Reparaturmeldung zweiter Art.

Regel 5:

25 Ein Knoten x , der die Reparaturmeldung erster Art $(y, 2, 0)$ oder $(y, 0, 2)$ empfängt, aber keine entsprechende Schleifenummeldung $(y, 1, 0)$ oder $(y, 0, 1)$ in seiner Tabelle hat, ignoriert die Reparaturmeldung erster Art $(y, 2, 0)$ oder $(y, 0, 2)$.

Regel 6:

30 Reparaturmeldungen erster und zweiter Art sind von vorhandenen Schleifenschaltungen nicht betroffen, d.h. sie werden immer von der Empfangsleitung eines Ringes auf die Sendeleitung desselben Ringes weitergeleitet. Ist diese Sendeleitung defekt, so geht die

Reparaturmeldung verloren. Ist die Sendeleitung nicht defekt, d.h. die Schleifenschaltung ergab sich infolge eines isolierten Knotens oder einer isolierten Knotengruppe vom Typ A oder B, so erreicht die Reparaturmeldung den isolierten Knoten oder die isolierte Knotengruppe.

5

Regel 7:

Nachrichten, die an alle Knoten geschickt werden (Verteil- oder Broadcast-Meldungen), werden immer auf beide Ringe gleichzeitig geschickt.

10 Nach einer Änderung einer Statustabelle in einem Knoten, wertet der betroffene Knoten die Statustabelle aus, hebt ggf. eine Schleife auf und sendet evtl. eine Reparaturmeldung erster oder zweiter Art.

Fig. 7 zeigt den Ablauf der R2N-Rekonfiguration im Falle zweier Simplexkabelbrüche auf dem inneren Ring zwischen den Knoten 4 und 5 sowie zwischen den Knoten 6 und 7. Die gezeigten Tabelleneinträge beziehen sich auf die Situation nach der SH-Rekonfiguration. Es wird das gebrochene Kabel zwischen den Knoten 6 und 7 repariert. Der Knoten 7 detektiert diese Reparatur und schickt die Reparaturmeldung erster Art (6 2 0) gemäß Regel 7 mittels einer Broadcast- oder Verteil-Meldung an alle Knoten, nachdem er selbst 20 diesen Eintrag in seiner Statustabelle gemacht hat. Diese empfangen die Meldung und ersetzen den Eintrag (6 1 0) in ihrer Statustabelle durch (6 2 0). Alle Knoten werten danach die Statustabelle aus. Knoten 6 erkennt, dass er gemäß Regel 2 b) seine Schleifenschaltung aufheben muss. Unmittelbar nach Aufhebung der Schleifenschaltung entfernt Knoten 6 den Eintrag (6 2 0) aus seiner Statustabelle und sendet an alle übrigen Knoten 25 die Reparaturmeldung zweiter Art (6 3 0). Diese Meldung wird von den übrigen Knoten empfangen, und gemäß Regel 4 entfernen sie ihren Tabelleneintrag (6 2 0). Übrig bleibt der Tabelleneintrag (4 1 0) bei allen Knoten, der dem noch bestehenden Kabelbruch zwischen Knoten 4 und 5 auf dem inneren Ring und der geschalteten Schleife (innerer Ring auf äußerem Ring) in Knoten 4 entspricht. Entsprechend erfolgt die Behandlung der 30 R2N-Rekonfiguration wenn auch noch das Kabel zwischen Knoten 4 und 5 repariert wird, so dass der Ring wieder vollständig intakt ist.

Fig. 8 zeigt den Ablauf der R2N-Rekonfiguration im Falle eines einzelnen Duplexkabelbruches zwischen Knoten 4 und 5. Die gezeigten Tabelleneinträge beziehen sich auf die Situation nach der SH-Rekonfiguration. Es wird zunächst das Kabel des inneren Ringes zwischen Knoten 4 und 5 repariert. Knoten 5 detektiert, dass sein Empfangskabel des inneren Ringes wieder intakt ist und sendet die Reparaturmeldung erster Art (4 2 0) an alle Knoten, nachdem er diesen Eintrag in seiner Statustabelle gemacht hat. Die übrigen Knoten empfangen diese Reparaturmeldung, ersetzen ihren Tabelleneintrag (4 1 0) durch (4 2 0) und werten ihre geänderte Statustabelle aus. Knoten 4 erkennt dabei, dass sein Sendekabel des inneren Ringes wieder intakt ist, er hebt gemäß Regel 2 c) die Schleifenschaltung (innerer Ring auf äußerer Ring) auf, entfernt den Tabelleneintrag (4 2 0) und sendet an alle Knoten die Reparaturmeldung zweiter Art (4 3 0). Die übrigen Knoten empfangen diese Reparaturmeldung und entfernen gemäß Regel 4 ihren Tabelleneintrag (4 2 0). Entsprechend zu Fig. 7 erfolgt die Behandlung der R2N-Rekonfiguration wenn auch noch das Kabel des äußeren Ringes zwischen Knoten 4 und 5 repariert wird, so dass der Ring wieder vollständig intakt ist.

Fig. 9 zeigt den Ablauf der R2N-Rekonfiguration im Falle einer isolierten Knotengruppe vom Typ A. Die gezeigten Tabelleneinträge beziehen sich auf die Situation nach der SH-Rekonfiguration. Das Kabel des inneren Ringes zwischen Knoten 6 und 7 ist gebrochen sowie das Kabel des äußeren Ringes zwischen Knoten 4 und 5.

Es werde das Kabel des inneren Ringes zwischen Knoten 6 und 7 repariert. Knoten 7 detektiert, dass sein Empfangskabel auf dem inneren Ring wieder intakt ist, ersetzt den Tabelleneintrag (6 1 0) durch (6 2 0) und sendet die Reparaturmeldung erster Art (6 2 0) an alle Knoten. Alle Knotenempfangen die Meldung, ersetzen in ihrer Tabelle den Eintrag (6 1 0) durch (6 2 0) und werten die Tabelle aus. Gemäß Regel 6 empfangen die Knoten 5 und 6 die Reparaturmeldung erster Art vom Knoten 7 auch über den inneren Ring, da der Knoten 4 eine solche Reparaturmeldung nicht auf den äußeren Ring umleitet, sondern zum nächsten Knoten 5 weiterleitet.

Knoten 4 und 7 stellen fest, dass sie nach wie vor Endknoten des geschlossenen Subrings bestehend aus 7, 0, 1, 2, 3 und 4 sind (relevante Tabelleneinträge (7 0 1) und (4 1 0)).

14.10.99

PHD 99-147

- 17 -

Daher unternehmen Knoten 4 und 7 gemäß Regel 3 keine weiteren Schritte. Dagegen stellen Knoten 5 und 6 fest, dass sie nicht mehr Endknoten einer isolierten Knotengruppe sind (die relevanten Einträge sind (6 2 0) und (5 0 1)). Die Einträge (6 1 0) und (5 0 1) würden bedeuten, dass die Knoten 5 und 6 eine isolierte Knotengruppe bilden und damit 5 Endknoten sind.

Zwar enthält die Tabelle von Knoten 6 eine einzelne Reparaturmeldung erster Art, nämlich den Eintrag (6 2 0). Gemäß der Bemerkung 1, Regel 2 führt das aber nicht dazu, dass Knoten 6 schon jetzt seine Schleifenschaltung aufhebt, weil das die einzige Reparaturmeldung in der Tabelle ist. 10

Gemäß Regel 3 überprüfen Knoten 5 und 6 ihre Empfangskabel:

- Der Knoten 6 stellt fest, dass sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring intakt ist, obwohl seine Tabelle den Eintrag (7 0 1) aufweist. Daher ersetzt Knoten 6 den 15 Eintrag (7 0 1) durch (7 0 2) und sendet an alle übrigen Knoten die Reparaturmeldung erster Art (7 0 2).
- Der Knoten 5 stellt fest, dass sein Empfangskabel auf dem inneren Ring intakt ist, obwohl seine Tabelle den Eintrag (4 1 0) aufweist. Daher ersetzt Knoten 5 den 20 Eintrag (4 1 0) durch (4 2 0) und sendet an alle übrigen Knoten die Reparaturmeldung erster Art (4 2 0).

Diese beiden Nachrichten werden von allen Knoten empfangen. Je nachdem um welchen Knoten es sich handelt, wird (7 0 2) vor (4 2 0) empfangen oder umgekehrt. Unabhängig von der Empfangsreihenfolge enthalten die Tabellen nach Empfang der ersten dieser 25 beiden Meldungen zwei Reparaturmeldungen erster Art, so dass gemäß Regel 2 d) bzw. Regel 2 e) die Knoten 4, 6 bzw. 7 ihre geschalteten Schleifen aufheben und die Reparaturmeldungen zweiter Art (4 3 0), (6 3 0) bzw. (7 0 3) versenden. Da diese Reparaturmeldungen zweiter Art immer erst nach den entsprechenden Meldungen erster Art ausgesendet werden, ist es unmöglich, dass ein Knoten z.B. die Reparaturmeldung zweiter Art (4 3 0) 30 vor der Reparaturmeldung erster Art (4 2 0) empfängt. Damit bleibt nach Versenden und Empfangen aller Reparaturmeldungen sowie einer Tabellenauswertung mit Eintragersetzung bzw. -entfernung in allen Statustabellen nur noch der Eintrag (5 0 1) übrig. Damit

hat nur noch der Knoten 5 eine Schleife (äußerer Ring auf inneren Ring) geschaltet. Bei der Reparatur dieses letzten Kabelbruches erfolgt die R2N-Rekonfiguration nach dem zu Fig. 7 beschriebenen Ablauf, so dass der gesamte Ring wieder fehlerfrei ist und alle Status-tabellen leer sind.

5

Fig. 10 zeigt den Ablauf der R2N-Rekonfiguration im Falle einer isolierten Knotengruppe vom Typ B. Eine Kabelreparatur lässt einen einzelnen Duplexkabelbruch zurück. Die gezeigten Tabelleneinträge beziehen sich auf die Situation nach der SH-Rekonfiguration. Das Kabel des inneren Ringes zwischen Knoten 6 und 7 ist gebrochen sowie das Duplexkabel 10 zwischen Knoten 4 und 5. Es werde nun das Kabel des inneren Ringes zwischen den Knoten 6 und 7 repariert. Der Knoten 7 detektiert, dass sein Empfangskabel des inneren Ringes wieder intakt ist, ersetzt den Tabelleneintrag (6 1 0) durch (6 2 0) und sendet die Reparaturmeldung erster Art (6 2 0) an alle Knoten. Alle Knoten empfangen die Meldung, ersetzen den Tabelleneintrag (6 1 0) durch (6 2 0) und werten ihre Tabellen aus. Knoten 4 15 und 7 stellen fest, dass sie nach wie vor Endknoten des geschlossenen Subrings sind, der aus den Knoten 7, 0, 1, 2, 3 und 4 besteht (relevante Tabelleneinträge (7 0 1) und (4 1 0)). Daher unternehmen die Knoten 4 und 7 gemäß Regel 3 keine weiteren Schritte. Dagegen stellen Knoten 5 und 6 fest, dass sie nicht mehr Endknoten einer isolierten Knotengruppe sind (die relevanten Einträge sind nun (6 2 0) und (5 0 1)). Zwar enthält die 20 Tabelle von Knoten 6 eine einzelne Reparaturmeldung erster Art, nämlich den Eintrag (6 2 0). Gemäß Bemerkung 1, Regel 2 führt das aber nicht dazu, dass Knoten 6 schon jetzt seine Schleifenschaltung aufhebt, weil das die einzige Reparaturmeldung in der Tabelle ist.

Gemäß Regel 3 überprüfen Knoten 5 und 6 ihre Empfangskabel:

25 - Der Knoten 6 stellt fest, dass sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring intakt ist, obwohl seine Tabelle den Eintrag (7 0 1) aufweist. Daher ersetzt Knoten 6 den Eintrag (7 0 1) durch (7 0 2) und sendet an alle übrigen Knoten die Reparaturmeldung erster Art (7 0 2).

- Der Knoten 5 stellt fest, dass sein Empfangskabel auf dem inneren Ring in Übereinstimmung mit dem Tabelleneintrag (4 1 0) defekt ist. Daher unternimmt Knoten 5 keine weiteren Schritte.

PHD 99-147

- 19 -

Die Reparaturmeldung (7 0 2) wird von allen Knoten empfangen, sie ersetzt in allen Tabellen den Eintrag (7 0 1). Damit enthalten alle Tabellen genau zwei Reparaturmeldungen erster Art. Die Tabellenauswertung in Knoten 7 bewirkt gemäß Regel 2 e), dass Knoten 7 seine Schleifenschaltung (äußerer Ring auf inneren Ring) aufhebt, den Eintrag (7 0 2) entfernt und die Reparaturmeldung zweiter Art (7 0 3) an alle Knoten versendet. Die Tabellenauswertung in Knoten 6 bewirkt gemäß Regel 2 e), dass Knoten 6 seine Schleifenschaltung (innerer Ring auf äußeren Ring) aufhebt, den Eintrag (6 2 0) entfernt und die Reparaturmeldung zweiter Art (6 3 0) an alle Knoten versendet. Die übrigen Knoten empfangen die Reparaturmeldungen (7 0 3) und (6 3 0) (zum Teil in anderer Reihenfolge), entfernen die Einträge (7 0 2) und (6 2 0), so dass schließlich alle Knoten nur noch die Tabelleneinträge (4 1 0) und (5 0 1) besitzen in Übereinstimmung mit dem gebrochenen Duplexkabel zwischen Knoten 4 und 5. Die R2N-Rekonfiguration des gebrochenen Duplexkabelbruches erfolgt gemäß dem zu Fig. 8 beschriebenen Ablauf.

15 Fig. 11 zeigt den Ablauf der R2N-Rekonfiguration im Falle einer isolierten Knotengruppe vom Typ B. Nach einer Kabelreparatur liegen noch zwei Simplexkabelbrüche auf dem inneren Ring vor. Die gezeigten Tabelleneinträge beziehen sich auf die Situation nach der SH-Rekonfiguration. Das Kabel des inneren Ringes zwischen Knoten 6 und 7 ist gebrochen sowie das Duplexkabel zwischen Knoten 4 und 5. Es werde nun das Kabel des äußeren Ringes zwischen Knoten 4 und 5 repariert. Knoten 4 detektiert, dass sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring wieder intakt ist. Er ersetzt den Tabelleneintrag (5 0 1) durch (5 0 2) und versendet an alle Knoten die Reparaturmeldung erster Art (5 0 2), die alle die Meldung empfangen, den Tabelleneintrag (5 0 1) durch (5 0 2) ersetzen und ihre Tabellen auswerten. Die Knoten 4 und 7 stellen fest, dass sie nach wie vor Endknoten des geschlossenen Subrings sind und der aus den Knoten 7, 0, 1, 2, 3 und 4 besteht (relevante Tabelleneinträge (7 0 1) und (4 1 0)). Daher unternehmen Knoten 4 und 7 gemäß Regel 3 keine weiteren Schritte. Dagegen stellen Knoten 5 und 6 fest, dass sie nicht mehr Endknoten einer isolierten Knotengruppe sind (die relevanten Einträge sind nun (6 1 0) und (5 0 2)).

20 25 30 Zwar enthält die Tabelle von Knoten 5 eine einzelne Reparaturmeldung erster Art, nämlich den Eintrag (5 0 2). Gemäß Bemerkung 1, Regel 2 führt das aber nicht dazu, dass

Knoten 5 schon jetzt seine Schleifenschaltung aufhebt, weil das die einzige Reparaturmeldung in der Tabelle ist. Gemäß Regel 3 überprüfen Knoten 5 und 6 ihre Empfangskabel:

- Der Knoten 6 stellt fest, dass sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring intakt ist, obwohl seine Tabelle den Eintrag (7 0 1) aufweist. Daher ersetzt Knoten 6 den Eintrag (7 0 1) durch (7 0 2) und sendet an alle übrigen Knoten die Reparaturmeldung erster Art (7 0 2).
- Der Knoten 5 stellt fest, dass sein Empfangskabel auf dem inneren Ring in Übereinstimmung mit dem Tabelleneintrag (4 1 0) defekt ist. Daher unternimmt Knoten 5 keine weiteren Schritte.

10

Die Reparaturmeldung (7 0 2) wird von allen Knoten empfangen, sie ersetzt in allen Tabellen den Eintrag (7 0 1). Damit enthalten alle Tabellen genau zwei Reparaturmeldungen erster Art. Die Tabellenauswertung in Knoten 7 bewirkt gemäß Regel 2 d), dass Knoten 7 seine Schleifenschaltung (äußerer Ring auf inneren Ring) aufhebt, den Eintrag (7 0 2) entfernt und die Reparaturmeldung zweiter Art (7 0 3) an alle Knoten versendet. Die Tabellenauswertung in Knoten 5 bewirkt gemäß Regel 2 e), dass Knoten 5 seine Schleifenschaltung (äußerer Ring auf inneren Ring) aufhebt, den Eintrag (5 0 2) entfernt und die Reparaturmeldung zweiter Art (5 0 3) an alle Knoten versendet. Die übrigen Knoten empfangen die Reparaturmeldungen (7 0 3) und (5 0 3) (zum Teil in

- 15 anderen Reihenfolge), entfernen gemäß Regel 4 die Einträge (7 0 2) und (5 0 2), so dass schließlich alle Knoten nur noch die Tabelleneinträge (4 1 0) und (6 1 0) besitzen in Übereinstimmung mit den beiden Simplexkabelbrüchen auf dem inneren Ring zwischen den Knoten 4 und 5 sowie zwischen 6 und 7. Die R2N-Rekonfiguration der beiden verbliebenen Simplexkabelbrüche erfolgt gemäß dem zu Fig. 7 beschriebenen Ablauf.
- 20
- 25

Fig. 12 zeigt den Ablauf der R2N-Rekonfiguration im Falle einer isolierten Knotengruppe vom Typ B. Eine erste Kabelreparatur führt auf eine isolierte Gruppe vom Typ A und eine zweite Kabelreparatur auf einen Simplexkabelbruch im inneren Ring zwischen Knoten 6 und 7. Die gezeigten Tabelleneinträge beziehen sich auf die Situation nach der SH-Rekonfiguration. Das Kabel des inneren Ringes zwischen Knoten 6 und 7 ist gebrochen sowie das Duplexkabel zwischen Knoten 4 und 5.

Es werde nun das Kabel des inneren Ringes zwischen Knoten 4 und 5 repariert. Knoten 5 detektiert, dass sein Empfangskabel des inneren Ringes wieder intakt ist, ersetzt den Tabelleneintrag (4 1 0) durch (4 2 0) und sendet die Reparaturmeldung erster Art (4 2 0) an alle Knoten. Diesmal empfängt jedoch infolge der noch bestehenden Kabelbrüche nur 5 der Knoten 6 diese Meldung, er ersetzt den Tabelleneintrag (4 1 0) durch (4 2 0) und wertet seine Tabellen aus. Knoten 5 und 6 sind immer noch Endknoten einer isolierten Gruppe (relevante Tabelleneinträge sind (5 0 1) und (6 1 0)), so dass sie gemäß Regel 3 keine weiteren Schritte unternehmen. Die Knoten 7, 0, 1, 2, 3, 4 bemerken von der ersten Reparatur nichts, da sie die Reparaturmeldung (4 2 0) nicht erreicht.

10 Anschließend wird das Kabel des äußeren Ringes zwischen Knoten 4 und 5 repariert. Knoten 4 detektiert, dass sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring wieder intakt ist, ersetzt den Eintrag (5 0 1) durch (5 0 2) und sendet an alle Knoten die Reparaturmeldung erster Art (5 0 2). Diese wird jetzt von allen Knoten empfangen, sie ersetzen den Eintrag (5 0 1) durch (5 0 2) und werten ihre Tabelle aus.

Die Knoten 5 und 6 enthalten in ihren Tabellen nun zwei Reparaturmeldungen erster Art ((4 2 0) und (5 2 0)), während die Knoten 7, 0, 1, 2, 3, 4 des anderen geschlossenen Subrings nur die Reparaturmeldung (4 2 0) in ihren Tabellen haben. Dieser Eintrag reicht 20 allerdings aus, beim Empfang der nächsten Reparaturmeldung die Knoten 4 und 7 erkennen zu lassen, dass sie nicht mehr Randknoten eines geschlossenen Subrings sind, so dass sie gemäß Regel 3 ihre Empfangskabel überprüfen.

Die Knoten 5 und 6 erkennen, dass sie nicht länger Endknoten einer isolierten Gruppe 25 sind (relevante Tabelleneinträge (5 0 2) und (6 1 0)), so dass sie gemäß Regel 3 ihre Empfangskabel erneut überprüfen:

- Knoten 6 stellt fest, dass sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring intakt ist, obwohl seine Tabelle den Eintrag (7 0 1) aufweist. Daher ersetzt Knoten 6 den Eintrag (7 0 1) durch (7 0 2) und sendet an alle übrigen Knoten die Reparaturmeldung erster Art (7 0 2).
- Knoten 5 stellt fest, dass sein Empfangskabel auf dem inneren Ring intakt ist, in Übereinstimmung mit dem Tabelleneintrag (4 2 0). Daher versendet Knoten 5

erneut an alle übrigen Knoten die Reparaturmeldung erster Art (4 2 0). Darüber hinaus erkennt Knoten 5 infolge des Eintrags (5 0 2), dass er seine geschaltete Schleife aufheben muss. Nach Aufhebung der Schleife entfernt er den Eintrag (5 0 2) und sendet an alle Knoten die Reparaturmeldung zweiter Art (5 0 3).

5

Die Knoten 7, 0, 1, 2, 3, 4 empfangen die zum zweiten Mal versendete Reparaturmeldung (4 2 0) und die erstmals verschickte Reparaturmeldung (7 0 2). Nach Empfang der ersten dieser beiden Reparaturmeldungen enthalten ihre Statustabellen neben dem Eintrag (5 0 2) noch eine weitere Reparaturmeldung. Knoten 4, der zuerst die Meldung (4 2 0) empfängt, 10 da er direkt mit Knoten 5 erreichbar verbunden ist, kann daher gemäß Regel 2 e) seine Schleife aufheben, den Eintrag (4 2 0) entfernen und die Reparaturmeldung zweiter Art (4 3 0) an alle Knoten senden.

Der Knoten 7, der nur über den inneren Ring die Reparaturmeldung (7 0 2) von dem 15 Knoten 6 empfangen kann, empfängt diese Meldung daher nach den Reparaturmeldungen (5 0 2) und (4 2 0), so dass er nach Empfang der ersten dieser Meldungen, nämlich (5 0 2), zwar zwei Reparaturmeldungen erster Art in seiner Tabelle enthält, aber noch nicht seine geschaltete Schleife aufheben kann (dazu benötigt er den Eintrag (7 0 2)). Zwar erkennt der Knoten 7 gemäß Regel 3, dass er nicht mehr Endknoten eines geschlossenen 20 Subrings ist und überprüft daraufhin nach Regel 3 seine Empfangskabel. Jedoch stellt er keinen Widerspruch zwischen dem Tabelleneintrag (6 1 0) und seinem immer noch defekten Empfangskabel des inneren Ringes fest. Daher bewirkt der Empfang der ersten Meldung (5 0 2) keine weiteren Schritte bei Knoten 7. Nach (5 0 2) empfängt Knoten 7 25 die Reparaturmeldung (7 0 2) (oder möglicherweise davor noch (5 0 3)), die ihn nach Eintrag in die Tabelle und Tabellenauswertung nun (gemäß Regel 2 f), wenn (5 0 3) noch nicht empfangen wurde, und gemäß Regel 2 h) wenn (5 0 3) vorher empfangen wurde) veranlasst, die geschaltete Schleife (äußerer Ring auf inneren Ring) aufzuheben, den Tabelleneintrag (7 0 2) zu entfernen und an alle Knoten die Reparaturmeldung (7 0 3) zu versenden.

30 Der Knoten 4 empfängt nach der Detektion, dass sein Empfangskabel des äußeren Ringes wieder intakt ist (entsprechend der Reparaturmeldung (5 0 2)) die Reparaturmeldung

(4 2 0) und danach (7 0 2). Bei Empfang von (4 2 0) überprüft der Knoten 4 seine Empfangskabel gemäß Regel 3, da er nicht mehr Randknoten eines geschlossenen Subrings ist. Das erneute Versenden der Reparaturmeldung (5 0 2) gemäß Regel 3 ist im vorliegenden Fall zwar nicht nötig, ist aber auf Grund der einfachen Regeln für die R2N-Rekonfiguration bedingt.

Damit haben alle Knoten in möglicherweise unterschiedlicher Reihenfolge die Reparaturmeldungen (4 2 0), (5 0 2) und (7 0 2) sowie (4 3 0), (5 0 3) und (7 0 3) empfangen, wobei die entsprechenden Schleifenschaltungen aufgehoben wurden. Damit haben alle 10 Knoten nur noch den Eintrag (6 1 0) in ihren Tabellen in Übereinstimmung mit dem einzigen noch gebrochenen Kabel auf dem inneren Ring zwischen Knoten 6 und 7. Bei Reparatur dieses letzten Simplexkabelbruches erfolgt die R2N-Rekonfiguration gemäß dem zu Fig. 7 beschriebenen Ablauf, so dass der gesamte Ring wieder fehlerfrei ist und alle Statustabellen leer sind.

15 Fig. 13 zeigt den Ablauf der R2N-Rekonfiguration im Falle zweier isolierter Knoten-
gruppen vom Typ C. Zwei aufeinanderfolgende Kabelreparaturen ergeben dann noch
einen einzelnen Duplexkabelbruch. Die gezeigten Tabelleneinträge beziehen sich auf die
Situation nach der SH-Rekonfiguration. Das Duplexkabel zwischen Knoten 6 und 7 ist
20 gebrochen sowie das Duplexkabel zwischen Knoten 4 und 5. Zunächst wird das Kabel des
äußeren Ringes zwischen Knoten 4 und 5 repariert. Knoten 4 detektiert, dass sein
Empfangskabel des inneren Rings wieder intakt ist, ersetzt den Tabelleneintrag (5 0 1)
durch (5 0 2) und sendet an alle Knoten die Reparaturmeldung erster Art (5 0 2), die
allerdings nur von den Knoten 4, 3, 2, 1, 0 und 7 empfangen wird, da die übrigen Knoten
25 nicht erreichbar sind. Knoten 4 und 7 erkennen in der Tabellenauswertung, dass sie nach
wie vor Endknoten eines geschlossenen Subrings sind (relevante Tabelleneinträge (4 1 0)
und (7 0 1)), so dass sie gemäß Regel 3 ihre Empfangskabel nicht überprüfen.

30 Danach wird zusätzlich das Kabel des inneren Ringes zwischen den Knoten 4 und 5
repariert. Knoten 5 detektiert, dass sein Empfangskabel des inneren Ringes wieder intakt
ist, ersetzt den Tabelleneintrag (4 1 0) durch (4 2 0) und versendet die Reparaturmeldung
erster Art an alle Knoten. Diese Reparaturmeldung erreicht nun alle Knoten, die den

Eintrag (4 1 0) durch (4 2 0) ersetzen und die Tabelle auswerten. Damit haben die Knoten 4, 3, 2, 1, 0 und 7 nun zwei Reparaturmeldungen in ihren Tabellen ((5 0 2) und (4 2 0)), während die Knoten 5 und 6 nur die Reparaturmeldung (4 2 0) in ihren jeweiligen Tabellen enthalten. Die Tabellenauswertung in Knoten 4 und 7 lässt diese Knoten erkennen,

5 dass sie nun nicht mehr Endknoten eines isolierten Subrings sind (relevante Tabelleneinträge (4 2 0) und (7 0 1)), so dass sie ihre Empfangskabel überprüfen:

- Knoten 7 stellt fest, dass sein Empfangskabel auf dem inneren Ring immer noch defekt ist in Übereinstimmung mit dem Tabelleneintrag (6 1 0). Daher unternimmt Knoten 7 keine weiteren Schritte.

10 - Knoten 4 stellt fest, dass sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring intakt ist in Übereinstimmung mit dem Tabelleneintrag (5 0 2). Daher versendet Knoten 4 gemäß Regel 3 erneut die Reparaturmeldung erster Art (5 0 2), die jetzt von allen Knoten empfangen wird. Darüber hinaus hebt Knoten 4 wegen des Tabelleneintrags (4 2 0) die Schleifenschaltung (innerer Ring auf äußeren Ring) auf, entfernt den Tabelleneintrag (4 2 0) und versendet die Reparaturmeldung zweiter Art (4 3 0).

Die Knoten 5 und 6 empfangen die Reparaturmeldung erster Art (5 0 2) und danach die Reparaturmeldung zweiter Art (4 3 0). Nach dem Empfang der Meldung (5 0 2) haben 20 Knoten 5 und 6 ebenfalls zwei Reparaturmeldungen in ihrer Tabelle. Nach Regel 3 stellen die Knoten 5 und 6 fest, dass sie nicht länger Endknoten eines geschlossenen Subrings sind (relevante Tabelleneinträge (5 0 2) und (6 1 0)), so dass beide Knoten ihre Empfangskabel überprüfen:

25 - Knoten 6 stellt fest, dass in Übereinstimmung mit dem Tabelleneintrag (7 0 1) sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring immer noch defekt ist. Daher unternimmt Knoten 6 keine weiteren Schritte.

- Knoten 5 stellt fest, dass sein Empfangskabel auf dem inneren Ring intakt ist in Übereinstimmung mit dem Tabelleneintrag (4 2 0). Daher versendet Knoten 5 gemäß Regel 3 erneut die Reparaturmeldung erster Art (4 2 0).

30 Wie oben schon erwähnt, ist das erneute Versenden der Reparaturmeldung (4 2 0) im vorliegenden Fall zwar nicht nötig, ist aber auf Grund der einfachen Regeln für die R2N-

Rekonfiguration bedingt. Knoten 5 hebt wegen des Eintrags (5 0 2) außerdem noch die geschaltete Schleife (äußerer Ring auf inneren Ring) auf, entfernt den Tabelleneintrag (5 0 2) und sendet die Reparaturmeldung (5 0 3) an alle Knoten.

5 Es kann für die einzelnen Knoten nicht mit Sicherheit genau ausgesagt werden, ob die Reparaturmeldung zweiter Art (4 3 0), die Knoten 4 aussendet, vor der Reparaturmeldung erster Art (4 2 0), die Knoten 5 erneut aussendet, empfangen wird, da die Empfangsreihenfolge davon abhängt, ob alle Knoten die gleiche Verarbeitungsgeschwindigkeit besitzen. Nach Regel 5 ist das aber ohne Bedeutung: Entweder wird die Meldung (4 2 0) vor der Meldung (4 3 0) empfangen, dann ändert die Meldung (4 2 0) die Tabelleneinträge nicht und die Meldung (4 3 0) bewirkt die Entfernung des Eintrags (4 2 0). Im anderen Fall, wenn die Meldung (4 3 0) vor der Meldung (4 2 0) empfangen wird, wird dadurch der schon vorhandene Eintrag (4 2 0) gelöscht. Die nachträglich empfangene Meldung (4 2 0) wird ignoriert, weil kein Eintrag (4 1 0) vorhanden ist.

10 15 Damit empfangen alle Knoten die Reparaturmeldungen erster Art (4 2 0) und (5 0 2) und danach die Reparaturmeldungen zweiter Art (4 3 0) und (5 0 3), so dass in Übereinstimmung mit den noch geschalteten Schleifen in Knoten 6 und 7 alle Knoten nur noch die Tabelleneinträge (6 1 0) und (7 0 1) haben.

20 25 Fig. 14 zeigt den Ablauf der R2N-Rekonfiguration im Falle zweier isolierter Knotengruppen vom Typ C. Es bleiben dabei nach zwei aufeinanderfolgenden Kabelreparaturen zwei Simplexkabelbrüche auf dem äußeren Ring zurück. Die gezeigten Tabelleneinträge beziehen sich auf die Situation nach der SH-Rekonfiguration. Das Duplexkabel zwischen Knoten 6 und 7 ist gebrochen sowie das Duplexkabel zwischen Knoten 4 und 5.

30 Zunächst wird das Kabel des äußeren Ringes zwischen Knoten 4 und 5 repariert. Knoten 4 detektiert, dass sein Empfangskabel des inneren Rings wieder intakt ist, ersetzt den Tabelleneintrag (5 0 1) durch (5 0 2) und sendet an alle Knoten die Reparaturmeldung erster Art (5 0 2), die allerdings nur von den Knoten 4, 3, 2, 1, 0 und 7 empfangen wird, da die übrigen Knoten nicht erreichbar sind. Knoten 4 und 7 erkennen bei der Tabellenauswertung, dass sie nach wie vor Endknoten eines geschlossenen Subrings sind (relevante Tabelleneinträge (4 1 0) und (7 0 1)), so dass sie gemäß Regel 3 ihre Empfangskabel nicht

überprüfen. Danach wird zusätzlich das Kabel des äußeren Rings zwischen Knoten 6 und 7 repariert. Knoten 6 detektiert, dass sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring wieder intakt ist, ersetzt den Tabelleneintrag (7 0 1) durch (7 0 2) und sendet an alle Knoten die Reparaturmeldung erster Art (7 0 2). Diese Meldung wird nun von allen Knoten 5 empfangen, die den Eintrag (7 0 1) durch (7 0 2) ersetzen und ihre Tabelle auswerten.

Die Knoten 5 und 6 haben bis jetzt nur eine Reparaturmeldung in ihren Tabellen (7 0 2). Dagegen enthalten die Tabellen der Knoten 4, 3, 2, 1, 0 und 7 die Reparaturmeldungen (5 0 2) und (7 0 2). Damit sind die Knoten 4 und 7 keine Randknoten einer isolierten 10 Knotengruppe mehr (relevante Tabelleneinträge (4 1 0) und (7 0 2), so dass sie gemäß Regel 3 ihre Empfangskabel überprüfen:

- Knoten 7 stellt fest, dass in Übereinstimmung mit seinem Tabelleneintrag (6 1 0) sein Empfangskabel des inneren Ringes weiterhin defekt ist, und unternimmt in dieser Hinsicht keine weiteren Schritte. Andererseits enthält die Tabelle von 15 Knoten 7 zwei Reparaturmeldungen darunter (7 0 2). Daher hebt Knoten 7 nach Regel 2 d) die geschaltete Schleife (äußerer Ring auf inneren Ring) auf, entfernt den Eintrag (7 0 2) und versendet an alle Knoten die Reparaturmeldung zweiter Art (7 0 3).
- Knoten 4 stellt fest, dass in Übereinstimmung mit seinem Tabelleneintrag (5 0 2) 20 sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring intakt ist, und sendet gemäß Regel 3 erneut die Reparaturmeldung erster Art (5 0 2) an alle Knoten.

Die Knoten 5 und 6 empfangen die Reparaturmeldung zweiter Art (7 0 3) vor der Reparaturmeldung erster Art (5 0 2), weil Knoten 5 und 6 nicht über den inneren Ring 25 von Knoten 4 aus erreichbar sind. Beim Empfang der Reparaturmeldung (7 0 3) entfernen Knoten 5 und 6 den Eintrag (7 0 2) aus ihren Tabellen, so dass sie nur noch die Einträge (6 1 0), (5 0 1) und (4 1 0) enthalten. Hier ist zu beachten, dass trotz der nur noch drei Schleifenummeldungseinträge die SH-Rekonfiguration nicht den gerade entfernten vierten Eintrag wieder erzeugt. Dies liegt darin begründet, dass der entfernte Eintrag sich 30 nicht auf Knoten 5 bezog (vgl. Bemerkung 1, Regel 2). Anschließend empfangen Knoten 5 und 6 die Reparaturmeldung (5 0 2) und ersetzen dadurch den Eintrag (5 0 1). Gemäß Regel 2 i) entfernt Knoten 5 die Schleifenschaltung vom äußeren auf den inneren Ring.

entfernt den Tabelleneintrag (5 0 2) und sendet an alle Knoten die Reparaturmeldung zweiter Art (5 0 3).

Somit haben alle Knoten nach Empfang der Reparaturmeldungen erster Art (5 0 2) und 5 (7 0 2) anschließend die Reparaturmeldungen zweiter Art empfangen, so dass alle Knoten nur noch die Tabelleneinträge (4 1 0) und (6 1 0) besitzen in Übereinstimmung mit den nur noch vorhandenen Schleifenschaltungen vom inneren auf den äußeren Ring in den Knoten 4 und 6. Die R2N-Rekonfiguration der beiden verbliebenen Simplexkabelbrüche erfolgt gemäß dem zu Fig. 7 beschriebenen Ablauf.

10

Fig. 15 zeigt den Ablauf der R2N-Rekonfiguration im Falle zweier isolierter Knotengruppen vom Typ C. Nach zwei aufeinanderfolgende Kabelreparaturen ergibt sich eine isolierte Knotengruppe vom Typ A und eine weitere Kabelreparatur lässt einen einzelnen Simplexkabelbruch zurück. Die gezeigten Tabelleneinträge beziehen sich auf die Situation 15 nach der SH-Rekonfiguration. Das Duplexkabel zwischen Knoten 6 und 7 ist gebrochen sowie das Duplexkabel zwischen Knoten 4 und 5.

Zunächst wird das Kabel auf dem inneren Ring zwischen Knoten 4 und 5 repariert. Der 20 Knoten 5 detektiert, dass sein Empfangskabel auf dem inneren Ring wieder intakt ist. Er ersetzt in seiner Tabelle den Eintrag (4 1 0) durch (4 2 0) und sendet an alle Knoten die Reparaturmeldung erster Art (4 2 0), die aber nur von Knoten 6 empfangen wird, da die übrigen Knoten nicht erreichbar sind. Der Knoten 6 ersetzt den Eintrag (4 1 0) durch (4 2 0).

25 Als nächstes Kabel wird das Kabel auf dem äußeren Ring zwischen Knoten 6 und 7 repariert. Der Knoten 6 detektiert, dass sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring wieder intakt ist, ersetzt den Eintrag (7 0 1) durch (7 0 2) und sendet die Reparaturmeldung erster Art (7 0 2) an alle Knoten. Nur Knoten 5 erreicht diese Reparaturmeldung, weil die übrigen Knoten nicht erreichbar sind. Knoten 5 ersetzt den Eintrag (7 0 1) durch (7 0 2). 30 Zwar enthalten die Tabellen von Knoten 5 und 6 nun zwei Reparaturmeldungen erster Art; jedoch sind Knoten 5 und 6 nach wie vor Endknoten eines geschlossenen Subrings (relevante Tabelleneinträge (5 0 1) und (6 1 0)), so dass beide gemäß Regel 3 keine

weiteren Schritte unternehmen. Die Tabellen der übrigen Knoten 4, 3, 2, 1, 0 und 7 enthalten bis dahin keinerlei Reparaturmeldungen.

Als weiteres Kabel wird nun das Kabel des inneren Ringes zwischen Knoten 6 und 7 repariert. Der Knoten 7 detektiert, dass sein Empfangskabel auf dem inneren Ring wieder intakt ist, er ersetzt den Tabelleneintrag (6 1 0) durch (6 2 0) und sendet an alle Knoten die Reparaturmeldung erster Art (6 2 0), die nun von allen Knoten empfangen wird und in die Tabelle eingetragen wird. Infolge der dritten Reparaturmeldung (6 2 0) erkennen die Knoten 5 und 6, dass sie nicht mehr Endknoten einer isolierten Knotengruppe sind, und überprüfen daher ihre Empfangsleitungen:

- Knoten 5 stellt fest, dass in Übereinstimmung mit seinem Tabelleneintrag (4 2 0) das Empfangskabel auf dem inneren Ring intakt ist, und sendet deshalb gemäß Regel 3 die Reparaturmeldung erster Art (4 2 0) an alle Knoten, die auch alle diese Meldung empfangen.
- 15 - Knoten 6 stellt fest, dass in Übereinstimmung mit seinem Tabelleneintrag (7 0 2) das Empfangskabel des äußeren Ringes intakt ist, und sendet deshalb gemäß Regel 3 die Reparaturmeldung erster Art (7 0 2) an alle Knoten, die auch alle diese Meldung empfangen.
- 20 Es kann nicht für alle Knoten mit Sicherheit genau ausgesagt werden, in welcher Reihenfolge die Reparaturmeldungen (4 2 0) und (7 0 2) empfangen werden. Unabhängig von dieser Reihenfolge stellen Knoten 4 und 7 nach Empfang der ersten dieser Meldungen fest, dass sie nicht länger Randknoten eines geschlossenen Subrings sind (relevante Tabelleneinträge (4 2 0) und (7 0 1) oder (4 1 0) und (7 0 2)). Daher untersuchen sie gemäß Regel 3 ihre Empfangskabel:
 - Knoten 4 stellt fest, dass in Übereinstimmung mit dem Tabelleneintrag (5 0 1) sein Empfangskabel auf dem äußeren Ring immer noch defekt ist und unternimmt keine weiteren Schritte.
 - Knoten 7 stellt fest, dass in Übereinstimmung mit dem Tabelleneintrag (6 2 0) sein Empfangskabel auf dem inneren Ring intakt ist und versendet erneut die Reparaturmeldung (6 2 0) gemäß Regel 3. Diese Meldung ist zwar nicht erforderlich, ist aber auf Grund der einfachen Regeln für die R2N-Rekonfiguration bedingt.

Mit dem Empfang der Reparaturmeldung (4 2 0), hebt der Knoten 4 die Schleifenschaltung (innerer Ring auf äußeren Ring) auf, entfernt den Eintrag (4 2 0) und sendet die Reparaturmeldung zweiter Art (4 3 0) an alle Knoten, die auch von allen empfangen wird. Mit dem Empfang der Reparaturmeldung (7 0 2), hebt Knoten 7 die Schleifenschaltung 5 (äußerer Ring auf inneren Ring) auf, entfernt den Eintrag (7 0 2) und sendet die Reparaturmeldung zweiter Art (7 0 3) an alle Knoten, die auch von allen empfangen wird. Damit haben alle Knoten nach den Reparaturmeldungen erster Art (6 2 0), (4 2 0) und (7 0 2) die Reparaturmeldungen zweiter Art (6 3 0), (4 3 0) und (7 0 3) empfangen und die entsprechenden Schleifenschaltungen wurden aufgehoben, so dass die Tabellen aller 10 Knoten nur noch den Eintrag (5 0 1) enthalten in Übereinstimmung mit dem noch bestehenden Kabelbruch auf dem äußeren Ring zwischen Knoten 4 und 5 und der in Knoten 5 geschalteten Schleife (äußerer Ring auf inneren Ring). Bei Reparatur dieses letzten Simplexkabelbruches erfolgt die R2N-Rekonfiguration gemäß dem zu Fig. 7 beschriebenen Ablauf, so dass der gesamte Ring wieder fehlerfrei ist und alle Statustabellen 15 leer sind.

PATENTANSPRÜCHE

1. Nach einem Paketvermittlungsverfahren arbeitendes Netzwerk zur Übertragung von Paketen mit mehreren über wenigstens zwei gegenläufige Ringe gekoppelten Netzknoten, die jeweils in Statustabellen Einträge über den Ort eines Defektes und geschaltete Schleifen von einem zu einem anderen Ring in einem Netzknoten enthalten,
 - 5 dadurch gekennzeichnet, dass ein Netzknoten nach der Detektion eines behobenen Defekts zur Änderung eines Eintrags in seiner Statustabelle und zur Aussendung einer Reparaturmeldung erster Art über den Ort des behobenen Defekts an alle erreichbaren Netzknoten vorgesehen ist.
- 10 2. Netzwerk nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Netzknoten nach Empfang einer Reparaturmeldung erster Art zur Änderung eines Eintrags in seiner Statustabelle und zur Überprüfung vorgesehen ist, ob eine Schleife im Netzknoten von einem zum anderen Ring aufgehoben werden soll, und
- 15 3. Netzwerk nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der Netzknoten nach der Aufhebung einer Schleife zur Aussendung einer Reparaturmeldung zweiter Art über die Aufhebung der Schleife an alle erreichbaren Netzknoten vorgesehen ist.
- 20 4. Netzwerk nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Netzknoten zur Aufhebung einer Schleife im Netzknoten von einem Ring zu einem anderen Ring vorgesehen ist, wenn der Netzknoten in seiner Statustabelle:
 - a) Einträge für ein oder mehrere Simplexkabelbrüche auf einem Ring enthält oder
 - b) Einträge für eine Schleifenmeldung über einen Defekt auf einem Ring und eine Reparaturmeldung erster Art bezüglich des anderen Rings bei einem

Duplexkabelbruch enthält oder

- c) Einträge für zwei Schleifenummeldungen über Defekte auf einem Ring und zwei Reparaturummeldungen erster Art bezüglich des anderen Rings enthält oder
- d) genau vier Einträge und eine Schleifenummeldung über einen Defekt auf einem Ring
- 5 und wenigstens eine Reparaturummeldung erster Art bezüglich des anderen Rings enthält oder
- e) genau vier Einträge und zwei Reparaturummeldung erster Art bezüglich eines Rings und je eine Schleifenummeldung über einen Defekt bezüglich des anderen Rings enthält oder
- 10 f) genau drei Einträge und eine Schleifenummeldung über einen Defekt auf einem Ring und eine Reparaturummeldung erster Art bezüglich des anderen Rings enthält.

4. Netzwerk nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 15 dass ein Netzknoten einer isolierten Knotengruppe oder eines isolierten Knotens zur nochmaligen Aussendung einer schon einmal gesendeten Reparaturummeldung erster Art vorgesehen ist, wenn durch Behebung eines Defekts und Mitteilung darüber keine isolierte Knotengruppe oder ein isolierter Knoten mehr vorliegt.
- 20 5. Netzwerk nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Netzknoten zur Lösung einer von diesem selbst ausgesendeten Reparaturummeldung erster oder zweiter Art vorgesehen ist.

25

30

6. Netzknoten in einem nach einem Paketvermittlungsverfahren arbeitenden Netzwerk zur Übertragung von Paketen mit weiteren über wenigstens zwei gegenläufige Ringe gekoppelten Netzknoten, die jeweils in Statustabellen Einträge über den Ort eines Defektes und geschaltete Schleifen von einem zu einem anderen Ring in einem Netzknoten enthalten,
5 dadurch gekennzeichner,
dass der Netzknoten nach der Detektion eines behobenen Defekts zur Änderung eines Eintrags in seiner Statustabelle und zur Aussendung einer Reparaturmeldung erster Art über den Ort des behobenen Defekts an alle anderen erreichbaren Netzknoten vorgesehen
10 ist.

I-VIII

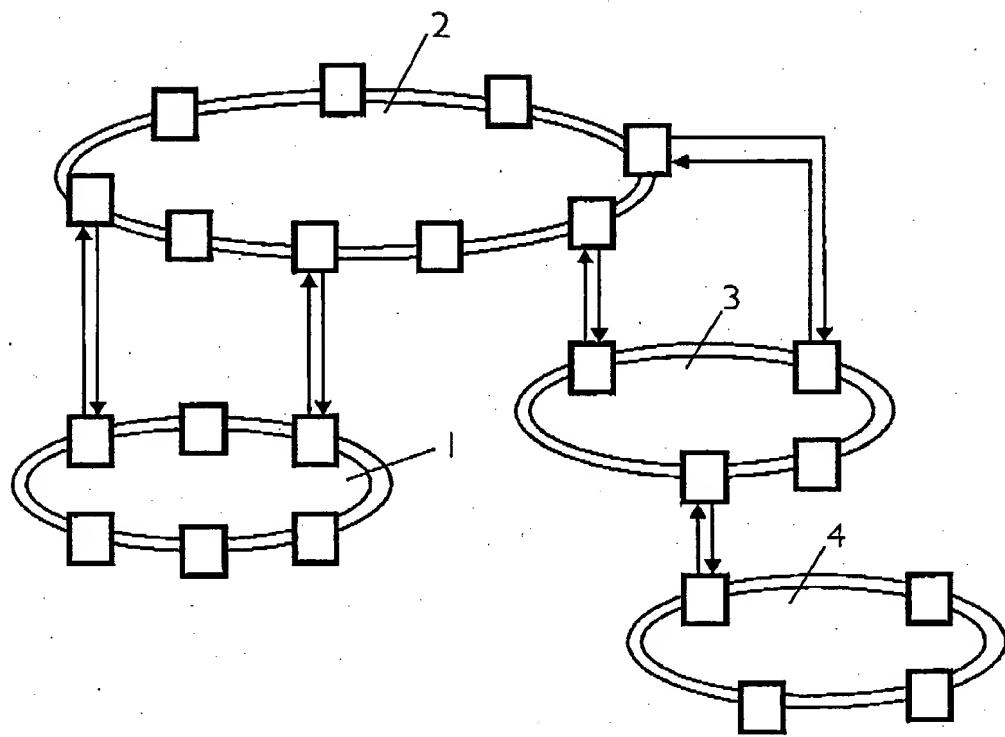


FIG. I

I-VIII-PHD99-147

III/VIII

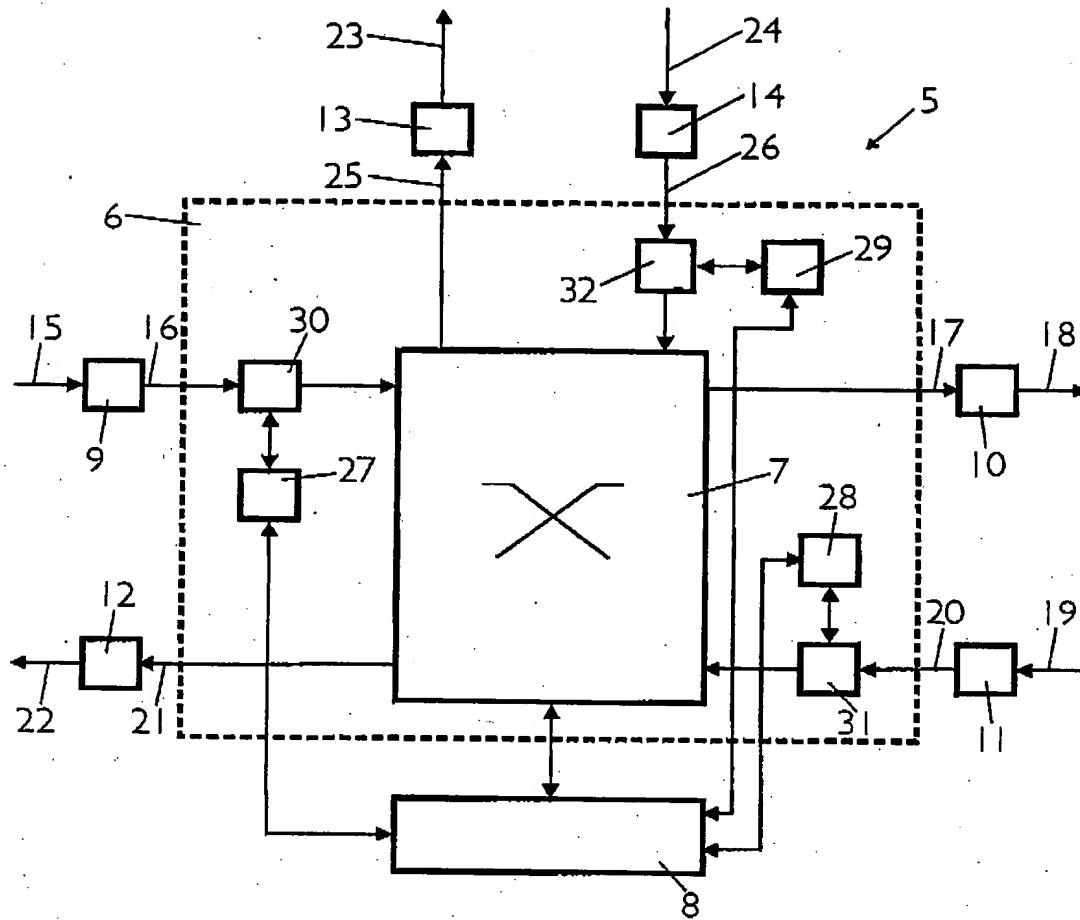


FIG. 2

2-VIII-PHD99-147

14.10.99

III/VIII.

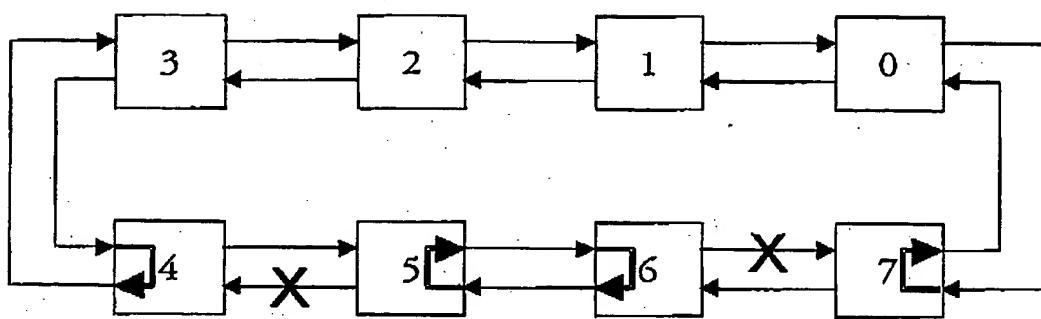


FIG. 3

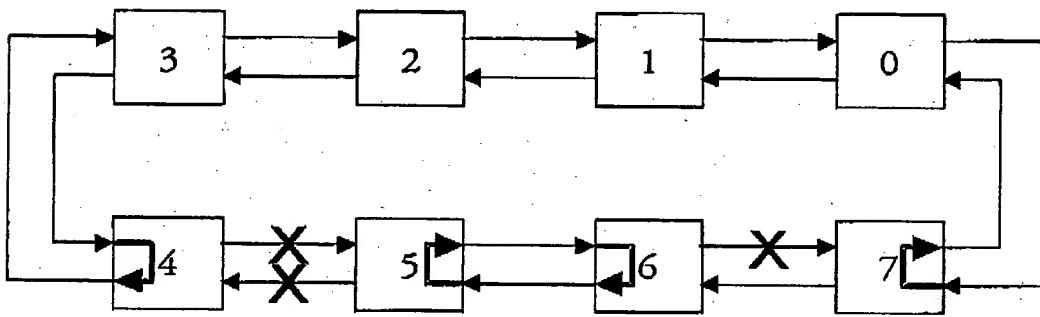


FIG. 4

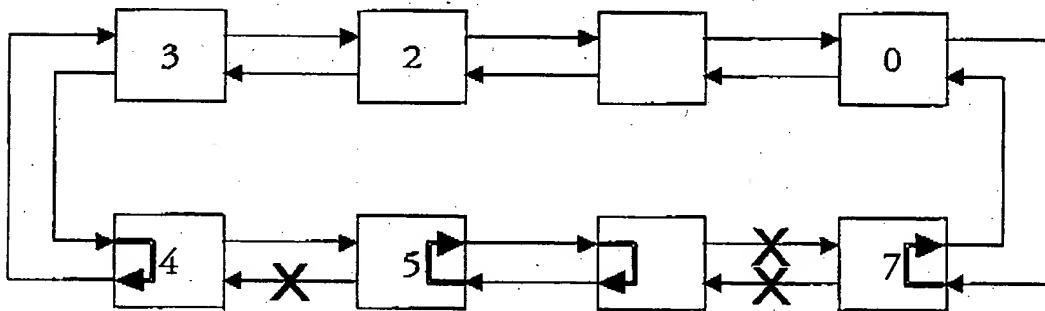


FIG. 5

3-VIII-PHD99-147

10:00

IV/VIII

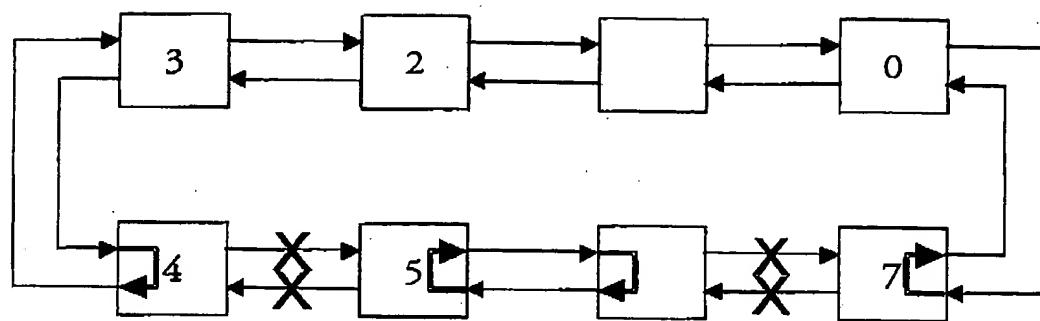


FIG. 6

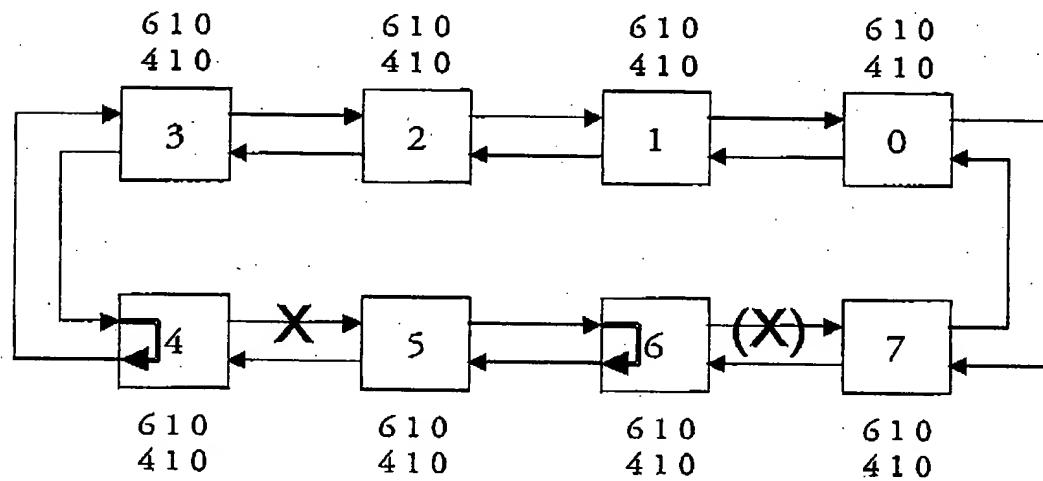


FIG. 7

4-VIII-PHD99-147

V/VIII

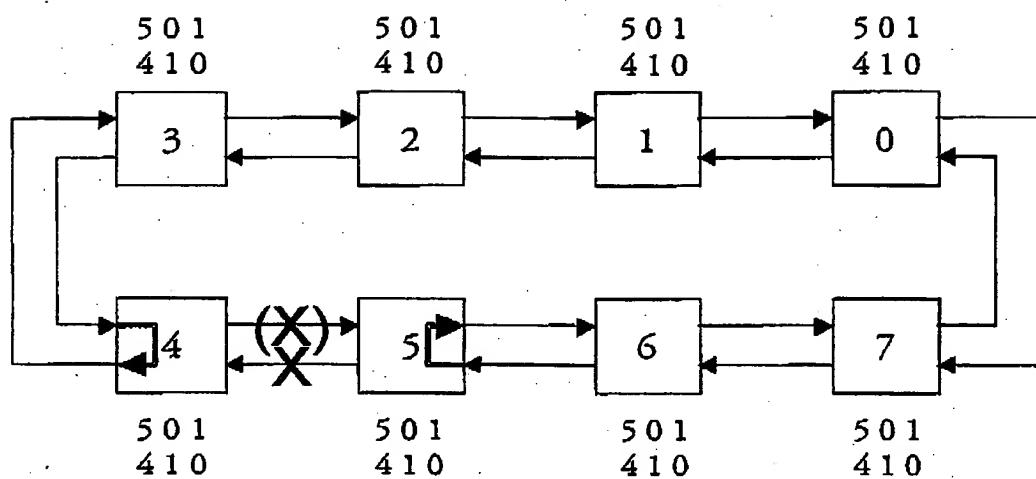


FIG. 8

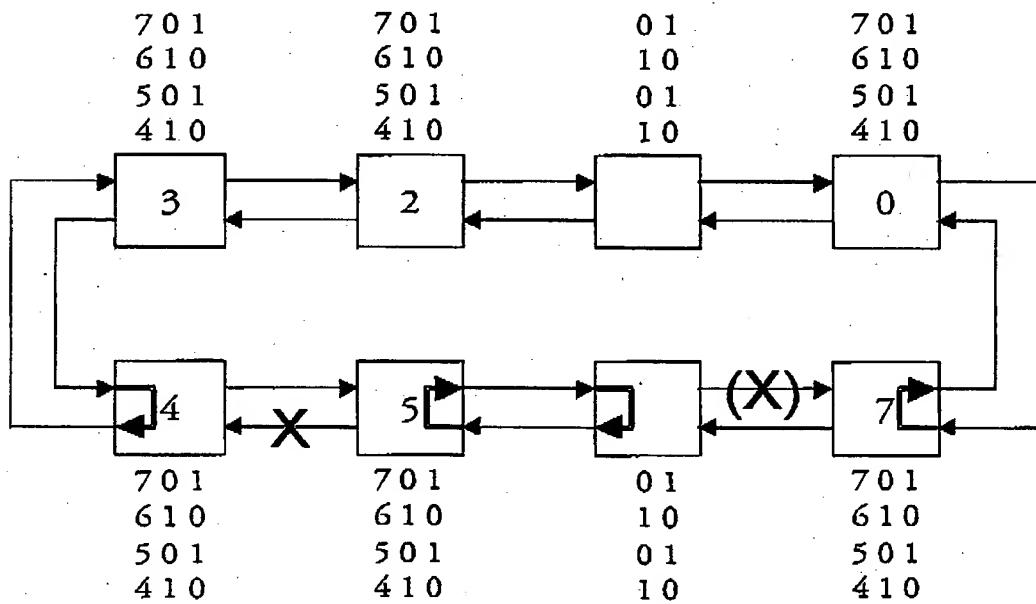


FIG. 9

S-VIII-PHD99-147

VI/VIII

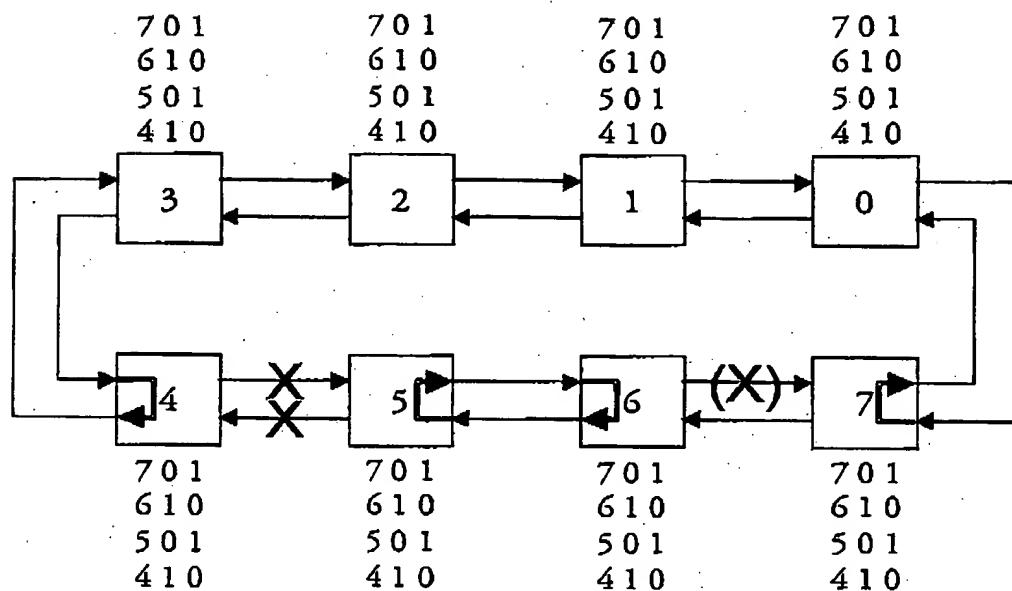


FIG. 10

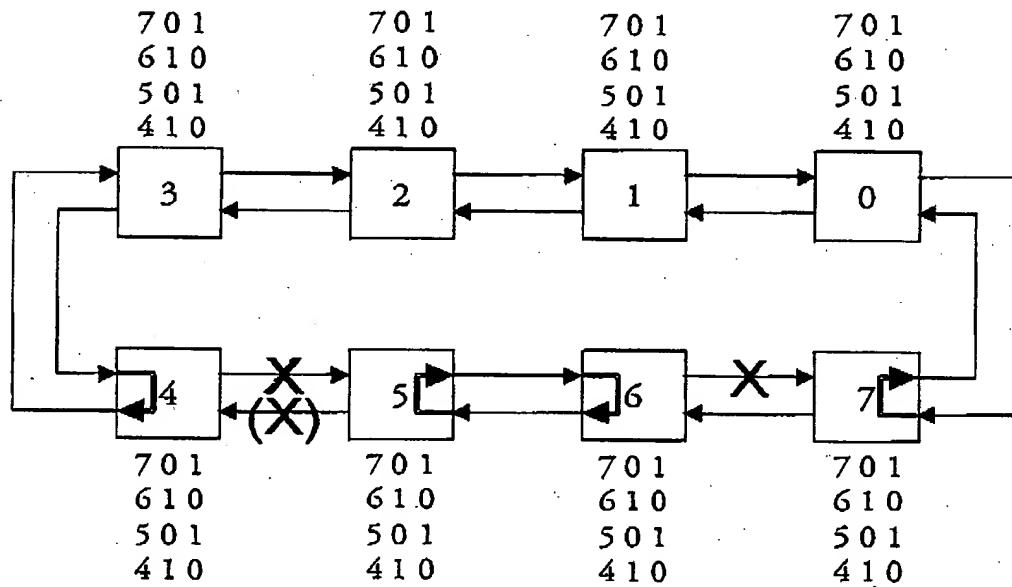


FIG. 11

6-VIII-PHD99-147

10

VII/VIII

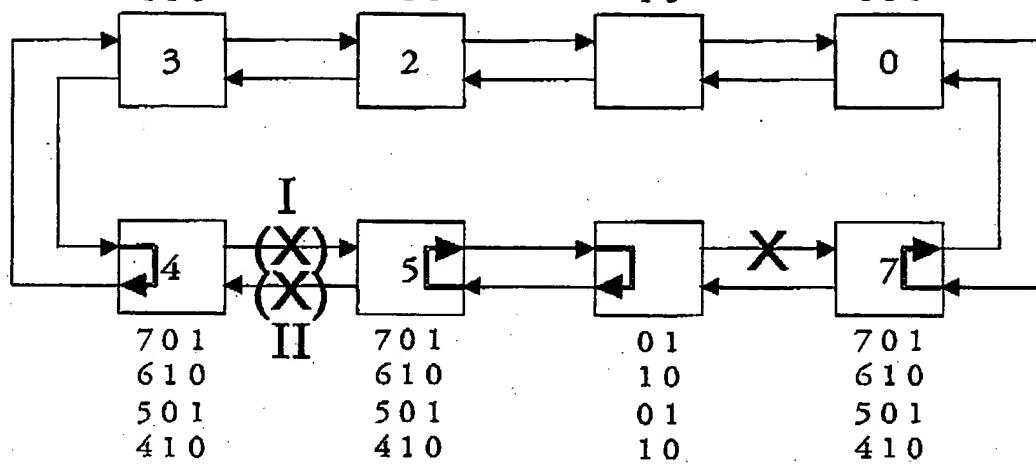
701
610
501
410701
610
501
41001
10
01
10701
610
501
410

FIG. 12

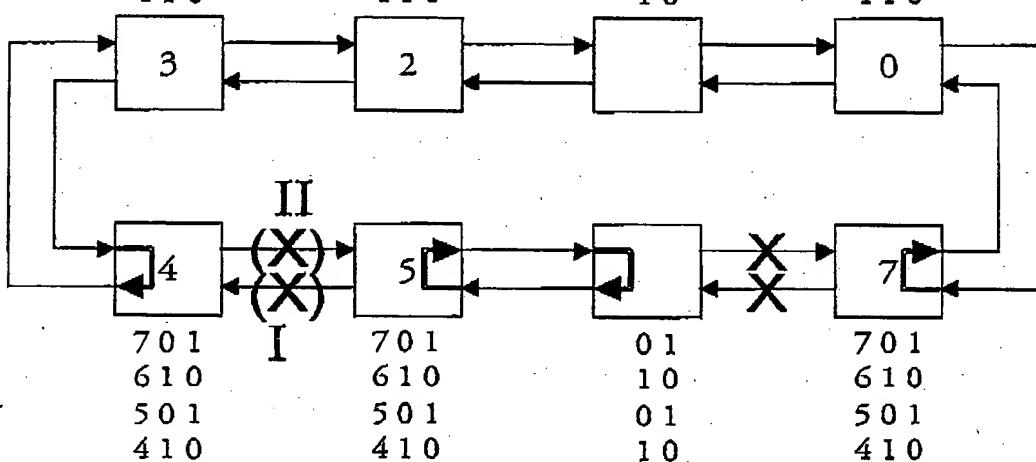
701
610
501
410701
610
501
41001
10
01
10701
610
501
410

FIG. 13

7-VIII-PHD99-147

VIII/VIII

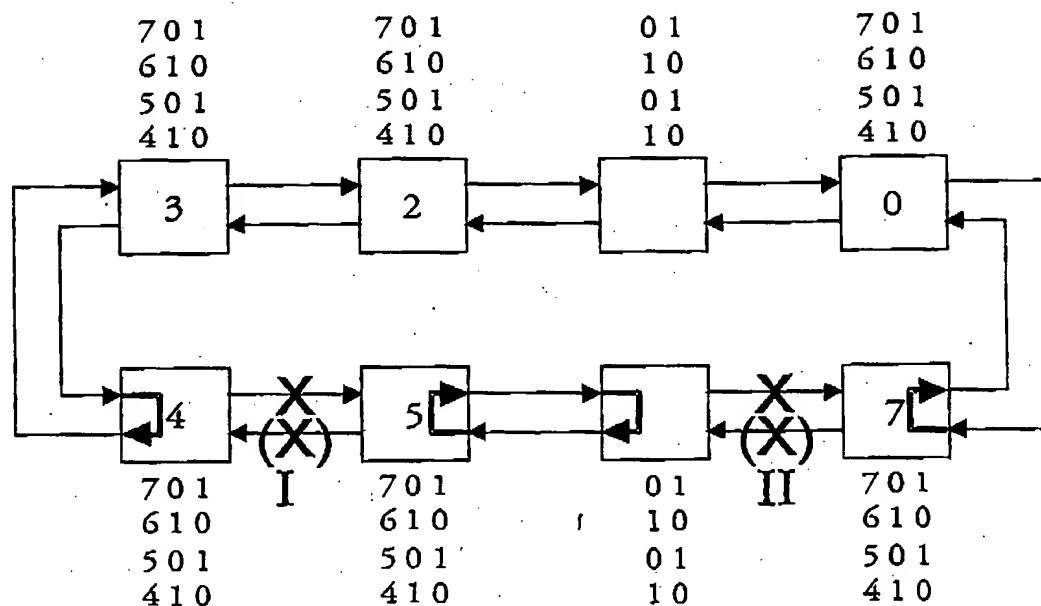


FIG. 14

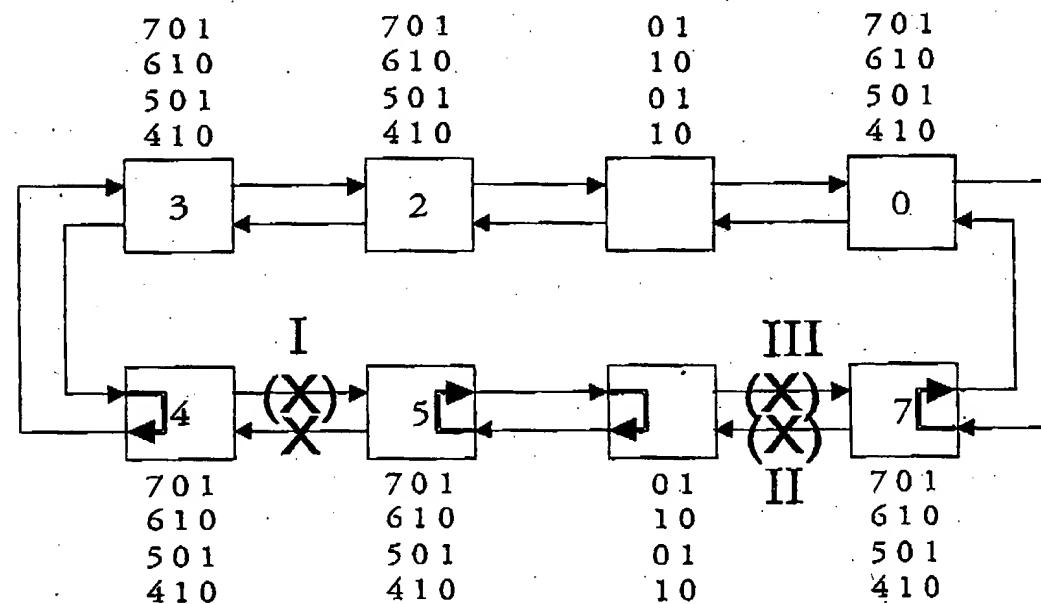


FIG. 15

8-VIII-PHD99-147

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)